

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 05.04.01 Геология
 Отделение школы (НОЦ) Отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Геологическое строение, вещественный состав руд и распределение урана и радия в рудной залежи № 6 месторождения Акдала на основе построения компьютерной модели УДК 553.495(574.5):004.9

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ81	Баранова Альбина Валерьевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Домаренко В.А.	К.Г.-М.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	К.Э.Н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Н.А.	нет		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Языков Е.Г.	Д.Г.-М.Н.		

Томск – 2020 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ООП 05.04.01)

Геология

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Выпускник готов применять глубокие базовые и специальные естественнонаучные и профессиональные знания в профессиональной деятельности для решения задач обеспечения минерально-сырьевой базы и рационального природопользования
P2	Выпускник способен выполнить подсчет запасов и оценку ресурсов, провести поиск и подбор максимально рентабельных технологий добычи, схем вскрытия руды на месторождениях. Способен выполнять моделирование для оценки достоверности запасов и выбора кондиционных параметров, разработать ТЭО кондиций для участков выборочной детализации.
P3	Может организовать и провести сбор, анализ и обобщение фондовых геологических, геохимических, геофизических и других данных, разрабатывать прогнозно-поисковые модели различных геолого-промышленных типов месторождений, формулировать задачи геологических и разведочных работ
P4	Может совершенствовать существующие и разрабатывать новые методы и методики исследования вещества, проведения ГРП, технико-технологические решения, вести поиск новых технологий добычи и переработки руд. Может самостоятельно выполнять лабораторные и экспериментальные геолого-минералого-геохимические исследования с использованием современных компьютерных технологий.
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P5	Обладает высоким уровнем стремления показать высокие результаты, готовностью взять на себя дополнительную ответственность. Проявляет оптимизм. Задумывается о том, что выходит за рамки ситуации и др.
P6	Способен отказаться от традиционных подходов, генерировать новые идеи и подходы. Способен найти новые возможности развития в неопределенных ситуациях и др.
P7	Способен эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональном коллективе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности в геологоразведочной сфере.
P9	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 05.04.01 Геология
 Отделение школы (НОЦ) Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ЛМ81	Барановой Альбине Валерьевне

Тема работы:

Геологическое строение, вещественный состав руд и распределение урана и радия в рудной залежи № 6 месторождения Акдала на основе построения компьютерной модели	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Отчет о результатах детальной разведки уранового месторождения Акдала
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Общие сведения о месторождении Акдала; краткая характеристика геологического строения месторождения; вещественный состав уранового оруденения; условия локализации и морфология рудных залежей; распределение урана и радия в залежи №6 на основе построения компьютерной модели

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Геологическая карта месторождения Акдала
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП Маланина В.А.
Социальная ответственность	Ст. преподаватель ООД ШБИП Атепаева Н.А.
Иностранный язык	Доцент ОИЯ ШБИП Диденко А.В.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Key mineralogical characteristics of the South Tortkuduk uranium roll-front deposits.
Distribution of U and Ra in roll-front deposits.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Домаренко В.А.	К.Г.-М.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ81	Баранова Альбина Валерьевна		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки (специальность) 05.04.01 Геология
Уровень образования Магистратура
Отделение школы (НОЦ) Отделение геологии
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Общие сведения о месторождении Акдала и его районе.	
	Основные черты геологического строения месторождения	
	Вещественный состав оруденения	
	Распределение U и Ra в залеже № 6	
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
	Социальная ответственность	

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Домаренко В.А.	к.г.-м.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Языков Е.Г.	д.г.-м.н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ЛМ81	Барановой Альбине Валерьевне

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление / специальность	05.04.01 Геология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Сметная стоимость камеральных работ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	ССН-92, СНОР-93
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	30 % страховые взносы; 20% НДС; 0,4% профессиональные риски.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Расчет стоимости ОЗП, амортизации основных фондов
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составление сметной стоимости 3D-моделирования уранового месторождения Акдала (Южный Казахстан)

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ81	Баранова Альбина Валерьевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ЛМ81	Барановой Альбине Валерьевне

Школа	ИШПР	Отделение	Геология
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	05.04.01 Геология

Тема ВКР:

Геологическое строение, вещественный состав руд и распределение урана и радия в рудной залежи № 6 месторождения Акдала на основе построения компьютерной модели

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объектом исследования является урановое месторождение Акдала (Южный Казахстан).</p> <p>Цель исследований – изучение геологического строения, вещественного состава руд, характера распределения урана и радия на участке месторождения Акдала.</p> <p>Область применения: полученные данные могут быть использованы при дальнейшем изучении гидрогенных урановых месторождений, а так же при анализе минерально-сырьевой базы.</p> <p>Выполнение камеральных работ (изучение литературы по месторождению Акдала, 3D-моделирование, построение карт, разрезов, набор текста) проводилось на ПК. Рабочее место расположено в 540 аудитории 20 корпуса НИ ТПУ (кабинет самостоятельной работы магистров международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология»</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	- ТОИ Р-45-084-01; - Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019).
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	- недостаточное освещение рабочей зоны; - отклонение параметров микроклимата; - нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса; - повышенный уровень шума; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.
3. Экологическая безопасность:	- Правила утилизации ПК и

	комплектующих; - Правила утилизации макулатуры; - Правила утилизации люминесцентных ламп
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Разработан ряд действий в результате возникновения пожара и мер по ликвидации его последствий. В помещении имеется углекислотный огнетушитель (ОУ-3-ВСЕ); система автоматической противопожарной сигнализации, разработан план эвакуации.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Наталья Александровна	нет		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ81	Баранова Альбина Валерьевна		

Реферат

Выпускная квалифицированная работа 135 страниц, 24 рисунка, 29 таблиц, 35 источников.

Ключевые слова: уран, радий, вещественный состав, Акдала, Шу-Сарысуйская урановорудная провинция.

Объектом исследования является урановое месторождение Акдала.

Цель исследований – изучение геологического строения месторождения, вещественного состава руд, распределения урана и радия в залежи №6.

В процессе исследования проводилось: изучение особенностей геологического строения месторождения Акдала; вещественного состава урановых руд, условия локализации и морфологии рудных залежей; анализ распределения урана и радия в рудной залежи №6 месторождения Акдала.

Планируемые результаты исследований:

- создание карты распределение урана и радия на основе геофизических исследований на разрезах и в плане;
- построение компьютерной модели месторождения;
- подсчет запасов в залежи №6.

Область применения: данные, которые были получены при исследовании, могут использоваться при дальнейшем изучении гидрогенных урановых месторождений, а так же при анализе минерально-сырьевой базы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	12
1 Общие сведения о месторождении Акдала и его районе.....	13
2 История открытия, изучения и разведанность месторождения.	18
3 Геология месторождения Акдала и его района.....	22
3.1 Стратиграфия.....	22
3.1.1 Кристаллический фундамент.....	22
3.1.2 Средне-позднепалеозойские образования литифицированного осадочного слоя.	23
3.1.3 Мезо-кайнозойские комплексы.	25
3.2 Тектоника и история геологического развития.	29
4 Урановое оруденение.....	37
4.1 Литогеохимические условия локализации оруденения.	37
4.2 Морфология уранового оруденения.....	44
4.3 Генезис урановых руд.....	50
5 Вещественный состав оруденения.	52
5.1 Минералого-петрографическая характеристика руд и рудовмещающих пород.....	52
5.2 Компоненты руд, их распределение и минералогия	59
5.2.1 Рудоконтролирующая эпигенетическая зональность на границах ЗПО..	60
5.2.2 Уран.	63
6 Распределение урана и радия в рудной залежи № 6 месторождения Акдала на основе построения компьютерной модели.....	79
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	100
7.1 Технико-экономическое обоснование продолжительности и объема камеральных работ.....	100
7.2 Расчет затрат времени и труда камеральных работ.....	101
7.3 Нормы расхода материалов.....	102
7.4 Общий расчет сметной стоимости работ.....	102
8 Социальная ответственность	105
8.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	105
8.2 Производственная безопасность.....	107

8.2.1 Анализ вредных и производственных факторов	108
8.3 Экологическая безопасность.....	113
8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	115
Заключение	117
Список использованной литературы:.....	119
Приложение А	123

Введение

Объектом исследования является урановое месторождение Акдала, располагающееся в Сузакском районе Южно-Казахстанской области и относящееся к группе средних по масштабам объектам гидрогенного типа.

Цель исследований – изучение геологического строения месторождения, вещественного состава руд, распределения урана и радия в залежи №6.

Задачи, которые предполагается решить мной в ходе данного исследования, сводятся к следующему:

- рассмотреть особенности геологического строения месторождения Акдала;
- изучить вещественный состав урановых руд, условия локализации и морфологии рудных залежей;
- сделать анализ распределения урана и радия в рудной залежи №6 месторождения Акдала;
- интерпретировать гамма-каротаж и каротаж нейтронного деления (КНД);
- дать рекомендации по рациональному комплексу геолого-технологических исследований.

Планируемые результаты исследований:

- построение карты распределение урана и радия на основе геофизических исследований на разрезах и в плане;
- построение компьютерной модели месторождения;
- подсчет запасов в залежи №6.

1 Общие сведения о месторождении Акдала и его районе.

Урановое месторождение Акдала расположено в Сузакском районе Южно-Казахстанской области (рис.1.1.).

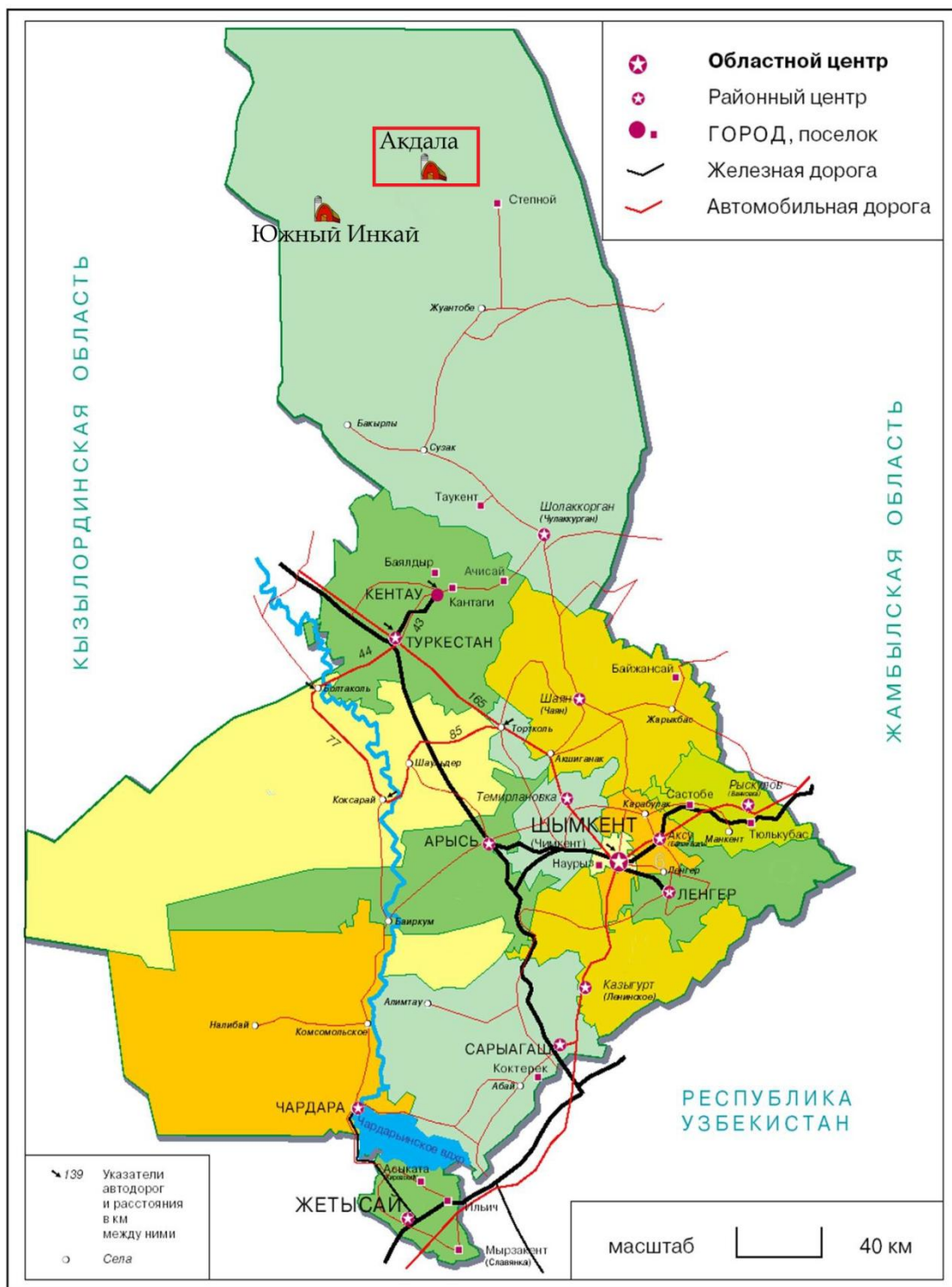


Рисунок 1.1 – Административная карта Южно-Казахстанской области

Орографически поверхность месторождения представляет собой часть столовой возвышенности Бетпак-Дала, осложненной мелкими сорово-такырными впадинами, одна из которых отделяет его от расположенных в 12-25 км к юго-востоку бугров Кыземчек. Абсолютные отметки поверхности колеблются от 244м на ЮЗ до 267м на СВ. Преобладающая часть площади покрыта маломощным (до 1м) слоем лессовидных суглинков, легко разрушаемых колесами автотранспорта.

Характеристика климата: резко континентальный; лето продолжительное жаркое и сухое; зима холодная малоснежная. Анализируя результаты наблюдений метеостанций Жетыконур, Бетпак-Дала, Злиха и Тасты, полученных в течение многих лет видно, что количество морозных дней изменяется от 150 до 160. Температура: средний максимум составляет от 12.7° до 15.8°, абсолютный максимум – 42.5° - 43.7°, абсолютный минимум – 37.1° - 40.2°. Относительная влажность: 53-59%. Сумма осадков – 130.4 -175.6 мм (максимальное количество осадков фиксируется зимой и весной). В феврале-марте высота снежного покрова достигала 2-26 см (редко). В холодные месяца с октября по апрель в среднем насчитывается от 1 до 5,4 дней с сильным (> 15м/с) ветром. Преобладает северо-восточное направление ветра.

В пределах месторождения Акдала в большей степени развиты пустынно-степные бурые почвы, реже суглинистые и глинистые, сильно засоленные.

Растительность: боялычевая и туранга-полынно-боялычевая, в низменных частях рельефа наблюдаются заросли саксаула. Животный мир является характерным для зон пустынь и полупустынь.

Постоянные водоемы и водотоки на поверхности месторождения и в окружении отсутствуют. Ближайшие прерывисто-плесовые русла рек Чу и Сарысу находятся, соответственно, в 100 км к югу и в 120 км к западу. В периоды таяния снега и выпадения экстремально интенсивных дождей мелкие такырные впадины заполняются водой, которая быстро испаряется.

До недавнего времени район месторождения относился к экономически весьма слабо развитым и удаленным от основных путей сообщения. Города и

промышленные поселки, выросшие вокруг горнодобывающих предприятий, располагались в обрамлении Чу-Сарысуйской депрессии на расстоянии 250-500 км от месторождения Акдала. В самой депрессии весьма редкое население занимается, главным образом, отгонным животноводством. В долине реки Чу расположено несколько каракулеводческих поселков: Жоантобе, Тасты, Чуйский. Ближайший к месторождению – поселок Жоантобе, расположенный в 120 км южнее.

Экономическое освоение района месторождения, по существу, началось в 70-80-е гг. на базе вновь открытых урановых месторождений – Уванас, Канжуган, Моинкум, Мынкудук (рис.1.2).

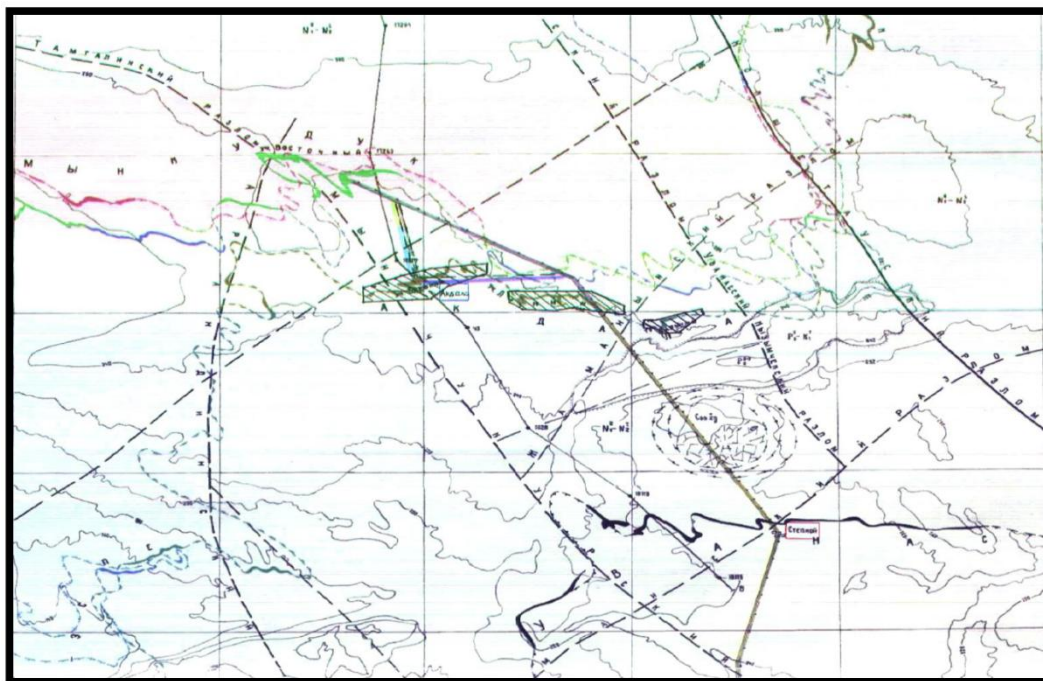


Рисунок 1.2 – Схема размещения горного отвода месторождения Акдала

В 60 км к юго-востоку находится построенный на месторождении Уванас поселок городского типа Степное - центр одноименного рудоуправления. Он соединяется асфальтовой дорогой с промплощадкой участка № 19, на которой ведется отработка Восточного участка месторождения Мынкудук. Эта дорога пересекает участок Ближний месторождения Акдала, от нее имеется грейдерное ответвление к установке, которая использовалась при проведении опытных работ на этом объекте. На юге от п. Степное проложена дорога с асфальтовым покрытием до поселка Жоантобе, который соединяется автомобильными

дорогами с административными, промышленными и транспортными центрами, расположенными в южном (Сузак, Чулак-Курган, Шимкент), юго-восточном (Жанатас, Байкадам, Тараз) и восточном (Тасты, Уланбель, ст. Чу) направлениях. Центральное рудоуправление НАК «Казатомпром», ведущее отработку месторождений Канжуган и Моинкум, базируется во вновь построенном в предгорье хр. Каратау пос. Таукент. Поселок Сузак соединен железнодорожной веткой со станцией Жанатас. В 100-120 км к западу от участка Акдала крупнейшее урановое месторождение Инкай. В юго-западном обрамлении хр. Большой Каратау отработку месторождений Карамурунского рудного района способом ПВ ведет рудоуправление № 6. Через район и участок месторождения Акдала в близмеридиональном направлении протянут действующий нефтепровод Павлодар - Шымкент с линией электропередачи.

Таким образом, месторождение Акдала находится в районе с интенсивно развивающейся инфраструктурой, ориентированной на последовательное увеличение добычи урана способом подземного выщелачивания (рис.1.3).

Промышленное и питьевое водоснабжение в районе месторождения Акдала реализовывается за счет напорных подземных вод, сосредоточенных в водоносных горизонтах мела и палеогена. Солоноватые воды горизонтов мела ($3-6 \text{ г/дм}^3$), развитые в пределах района месторождения применяются для технических нужд.

В районе месторождения Акдала имеются строительные материалы. К ним относятся несколько месторождений строительных песков (Тогускенское, Асказансорское, Кокпансорское и другие) с практически не ограниченными ресурсами. Ресурсы строительного гравия и галечника представлены многими проявлениями, однако, требуют доразведки и изучения. Это относится и к строительным глинам, многочисленные проявления которых известны среди осадочных образований различного возраста и генезиса.

Ближайшие выходы бутового камня известны в 35 км к юго-востоку, в районе бугров Кызымчек. Месторождение глин для приготовления промывочной жидкости расположено вблизи восточной оконечности

месторождения Акдала (сор Уванас), где оно представлено выходами верхнеэоценовых морских глин.

Кроме того, в районе имеются месторождения технологического сырья (пески стекольные, глины керамзитовые, минеральные соли).

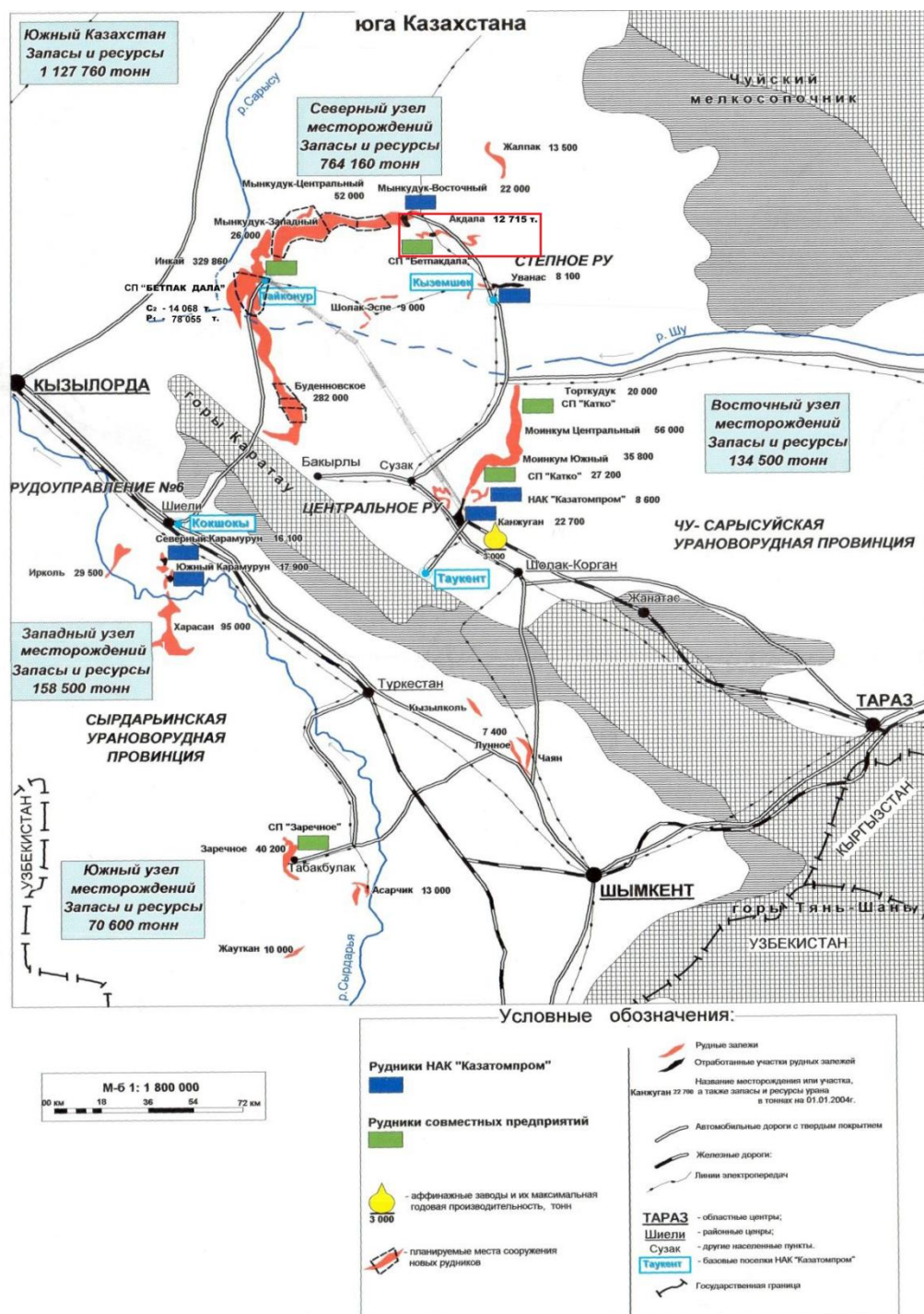


Рисунок 1.3 – Обзорная карта пластово-инфильтрационных урановых месторождений Южного Казахстана

2 История открытия, изучения и разведанность месторождения.

Изученность месторождения Акдала непосредственно связана с историей геологоразведочных работ, которые осуществлялись в Мынкудукском рудном поле. В 1973 году было открыто месторождение Мынкудук.

Разделить проведенные на Акдале поисково-разведочные работы по стадиям не представляется возможным, поскольку все они выполнялись в течение одного (второго) этапа детальной разведки месторождения Мынкудук, в состав которого входило рассматриваемое месторождение. Собственно разведочные работы проводились вслед за поисково-оценочными на участках Ближнем и Летнем. На участке Ближний проведена детальная разведка оруденения в жалпакском горизонте по сети 200х50 м с выявлением запасов урана категории С₁. Рудоносная зона в жалпакском горизонте участка Летнего разведана главным образом по сети 800х25м. В его центральной части (между профилями 597-610) размещается разведочный полигон с расположением скважин по сети 100х25м. Его задача – обосновать оптимальную плотность буровой сети для разведки узких (менее 100м) рудных залежей. На участке Акдала – Дальний в жалпакском горизонте проведены предварительные поиски бурением по сети 1600-3200 х 200-50м. Малопродуктивное, прерывистое урановое оруденение, локализованное в мынкудукском горизонте на всем протяжении рудоносной полосы месторождения Акдала опойсковано по сети 1600 х 100-50м и 3200 х 200-50м.

Буровые работы на месторождении Акдала были завершены в 1987 году. В дальнейшем (1988-2002гг.) проводились лишь опытные технологические испытания по извлечению урана и сопутствующих компонентов способом подземного кислотного выщелачивания.

Необходимо отметить последние работы по глубинному геологическому картированию, проведенные в период с 1988г. по 2001г. под руководством Н.Н.Петрова на площади около 62 тыс. км².

Для поведения глубинного геологического картирования была выбрана территория, максимально охваченная специализированными поисково-

разведочными работами, включающая наиболее крупные урановые месторождения (Инкай, Буденновское, Мынкудук, Акдала, Уванас, Торткудук, Мойынкум, Канжуган).

В результате ГГК составлены погоризонтные литолого-геохимические карты семи горизонтов отложений мел-палеогенового комплекса, позволяющие получить обоснованную сравнительную оценку перспектив всей площади рудной провинции.

Одним из важнейших результатов проведенных работ является оформление Чу-Сарысуйской депрессии в качестве крупной потенциально рудной иттриево-редкоземельной провинции, для освоения которой возможно применение прогрессивного способа ПВ.

Гидрогеологические исследования, выполненные в районе до 1950 года, в основном, проводились без применения или с применением в весьма ограниченных объемах буровых работ на воду. В настоящее время они представляют, по существу, исторический интерес (А.А. Козырев, 1914г.; Д.И. Яковлев, 1928-1941г.г.; В.И. Маслова, 1941-50г.г. и др.).

С 1950-51г.г. широкий размах получают гидрогеологические работы в связи с развитием отгонного животноводства и орошаемого земледелия в Казахстане. Начиная с этого периода, геологические организации уделяют большое внимание региональному гидрогеологическому картированию и бурению разведочно-эксплуатационных скважин на пастбищных массивах.

В 1969-70г.г. Ащикольская партия Каратауской геологоразведочной экспедиции ЮКТГУ производила комплексную геолого-гидрогеологическую съемку листа L-42-XXI (Ю.Б. Коврижных). Аналогичные работы в те же годы проведены на территории смежных листов L-42-XXII (П.Ф. Коврижных), L-42-XXVII (Е.А. Никитин); L-42-XXVIII (Б.Е. Комарницкий), L-42-XXVI (Е.А. Никитин). Итогом этих работ явилось составление с последующим изданием государственных геологических и гидрогеологических карт масштаба 1:200000 соответствующих листов.

Сейчас вся территория района месторождения Акдала и прилегающие площади (листы L-42-XIV-XV; XX-XXII и XXVI-XXVIII) покрыты гидрогеологическими съемками масштаба 1:200000.

В 1988-2001гг. гидрогеологические исследования продолжались в процессе отмеченного выше глубинного геологического картирования. Составленные в результате этих работ погоризонтные литолого-геохимические карты позволяют выделить наиболее водообильные горизонты для каждой конкретной площади Чу-Сарысуйского артезианского бассейна.

В ходе выполнения съемочных работ производилось определение содержания урана в подземных водах. В течение 1970-71г.г. партией № 27 ПГО "Волковгеология" множество самоизливающихся скважин были опробованы на уран.

Из специальных тематических исследований следует отметить работы Г.М.Шора (1969-90г.г.) и А.К.Джакелова (1975-79г.г.), направленные на изучение условий формирования подземных вод бассейна, современной геохимической обстановки в водоносных горизонтах мела и палеогена с определением газового и бактериального состава вод, окислительно-восстановительного потенциала и т.д.

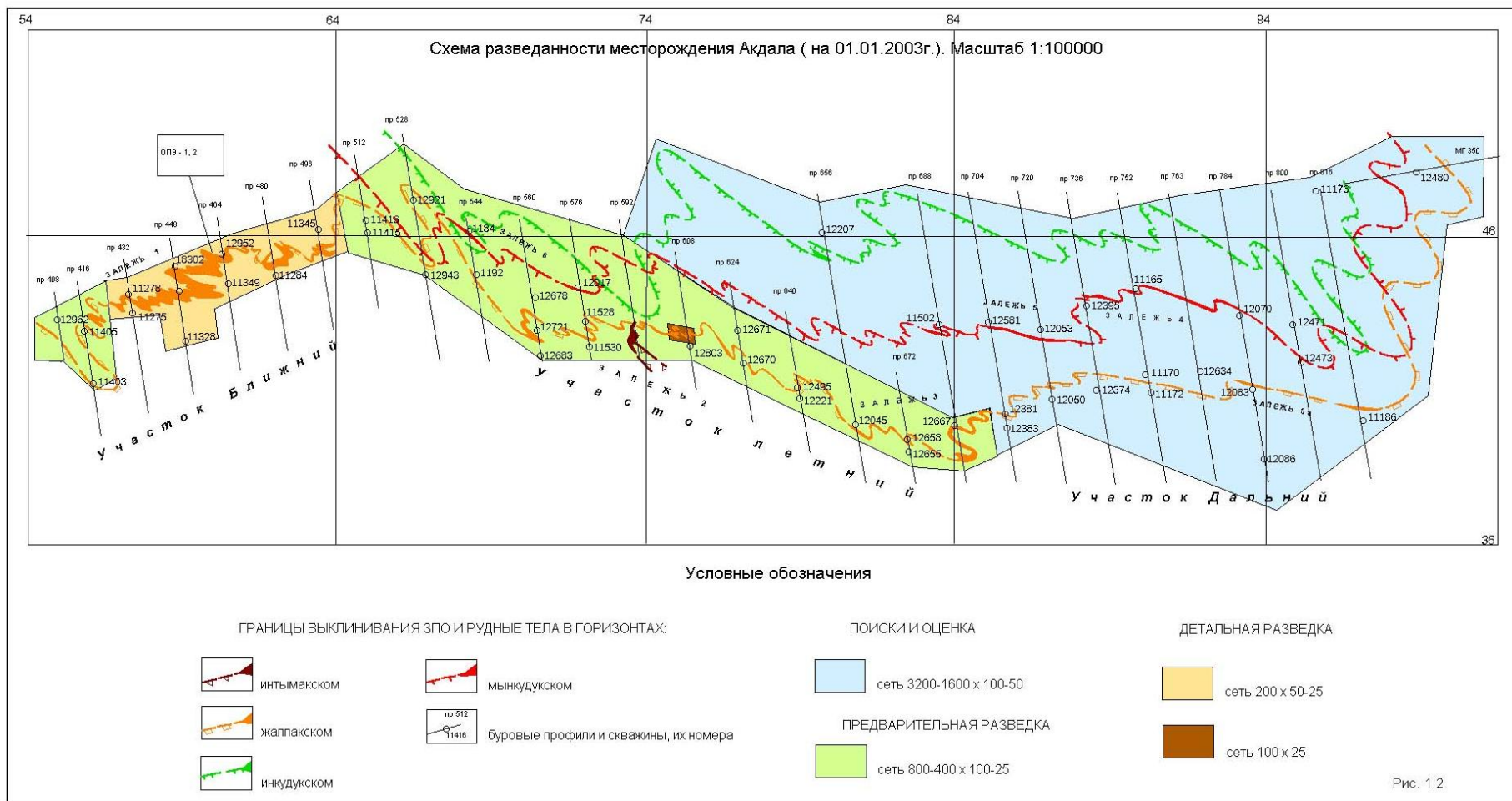


Рисунок 2.1 – Схема разведанности месторождения Акдала (на 01.01.2003 г.)

3 Геология месторождения Акдала и его района.

3.1 Стратиграфия.

В строении месторождения Акдала принимают участие следующие структурно-формационные комплексы (СФК): кристаллический фундамент, литифицированная часть осадочного слоя или промежуточный структурный этаж (ПСЭ) и слаболитифицированная часть осадочного слоя или MZ-KZ чехол.

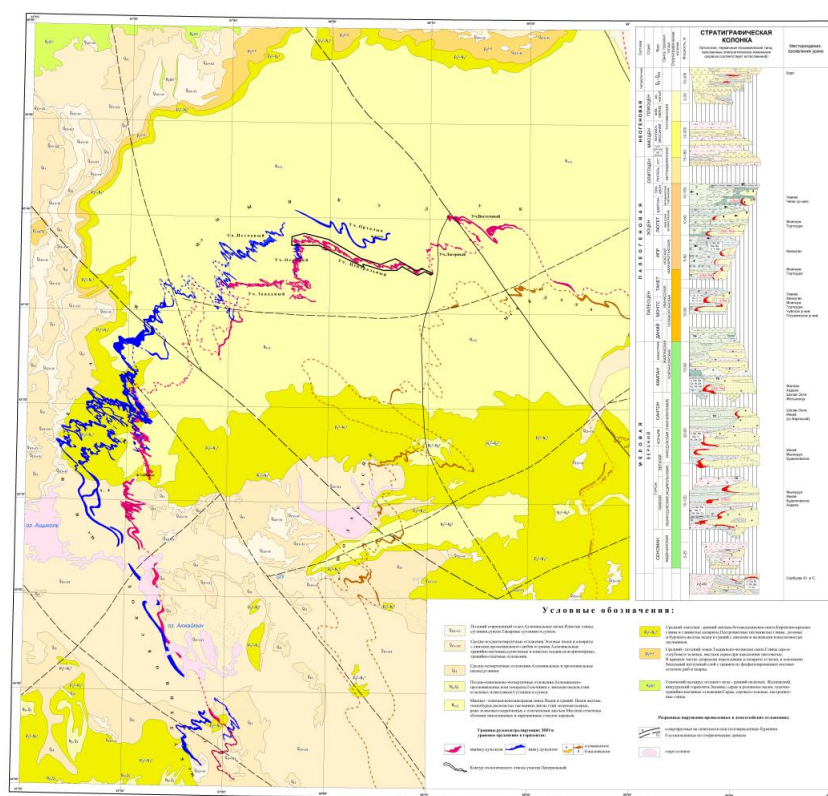


Рисунок 3.1 — Геологическая карта Шу-Сарысуьской урановорудной провинции

3.1.1 Кристаллический фундамент.

Кристаллический фундамент слагают породы, которые откартированы в 10 км к югу от рудоносной полосы в восточной части Арандинского выступа под отложениями MZ-KZ чехла. В зоне северо-западного мынкудукского разлома вскрывается орызказганская толща порфириидов верхнего протерозоя, образованных по дацитам и дацитовым кристаллотуфам, и кристаллических сланцев, соответствующих зеленокаменной фации метаморфизма. Мощность толщи больше 350 метров.

В ядре Ортасынерлинской антиклинали в зоне Кокшетауского разлома под MZ-KZ чехлом (на глубине 160-180м) вскрыты образования тулендинской толщи нерасчлененного кембро-ордовика. Толщу составляют сероцветные серицитизированные песчаники, темно-серые алевролиты, глинистые сланцы невысокой степени метаморфизма. Нижняя граница не установлена, верхняя проводится по подошве средне - позднедевонских отложений. Мощность толщи превышает 175 метров. [18]

3.1.2 Средне-позднепалеозойские образования литифицированного осадочного слоя.

Средне-позднепалеозойские образования, развитые на всей площади месторождения Акдала, составляют средний («промежуточный») структурный этаж.

Самые ранние образования, в составе которых преобладают пестро-красноцветные песчаники с прослоями гравелитов и мелкогалечных конгломератов относятся к среднему и верхнему отделам девонской системы. Они состоят из пестро-красноцветных песчаников с прослоями гравелитов и мелкогалечных конгломератов. Сейчас большинство данных отложений выделяется в верхнедевонскую бестюбинскую свиту. Бестюбинская свита распространяется в пределах Арандинского поднятия, под MZ-KZ чехлом на западном фланге Акдалы. В ее составе выделяются две пачки (подсвиты). Нижняя, песчанико-конгломератовая, представлена ритмичным чередованием красно-пестроцветных конгломератов, гравелитов, песчаников с прослоями алевролитов, реже аргиллитов, галита, ангидрита. В верхней, алевролитов-аргиллитовой подсвите преобладают лилово-коричневые алевролиты, известковистые аргиллиты, вплоть до мергелей, с прослоями глинистых известняков. Мощность девонских отложений: от 0,5 до 1,3 км.

Отложения среднего девона содержат повышенные концентрации меди, олова, ванадия, свинца, бария, цинка, а также ниобия, мышьяка, тория, селена, скандия, молибдена, редкоземельных элементов и иттрия.

Под мезозойско-кайнозойским чехлом отложения каменноугольной системы вскрываются в пределах Ортасынерлинской антиклинали на склонах Арандинского поднятия к югу - юго-востоку от Кызымчекской структуры. Они представлены тремя отделами, семью ярусами, многими горизонтами и свитами.

Нижнекаменноугольные отложения представлены мелководными морскими разновидностями, среди которых преобладают карбонатные породы – преимущественно известняки при подчиненной роли аргиллитов, алевролитов, ангидритов, каменной соли, мергелей, доломитов, песчаников. Для них характерны серые, темно-серые до черных тона окраски, обилие растительных остатков, присутствие битуминозных известняков. По составу выделяется две толщи: нижняя (турнейская) сульфатно-карбонатно-терригенная и верхняя (визейско-серпуховская) терригенно-карбонатная. Суммарная мощность оценивается по-разному – от 600-700 до 1500 м. Турнейским отложениям свойственны повышенные (надкларковые) содержания U, Se, Sc, несколько превышающие кларковые значения для Mo, Cu, Sn, Zn, Pb, Co, Ni, Ba, Nb, As, Li, W, Ag.

Отложения среднего-верхнего карбона представлены исключительно континентальными образованиями, среди которых доминируют терригенные осадки, часто с примесью туфогенного материала кислого состава. Для пород характерны красно-буроцветные окраски, довольно часто проявлены серо-зеленоцветные горизонты. Отложениям свойственны повышенные (относительно кларков) содержания селена и скандия и пониженные – молибдена.

В составе средне - верхнекаменноугольных отложений выделяются две свиты: нижняя – таскудукская (C_{2tz}) и верхняя – широко известная джезказганская ($C_{2-3dž}$). Их суммарная мощность оценивается в пределах 200-1000м.

Пермская система в районе и на участке месторождения представлена жиделисайской свитой нижнего отдела ($P_1žd$), слагающей домезозойскую

поверхность на большей части рудоносной полосы. В составе свиты доминируют лилово - коричневые и шоколадно-коричневые алевролиты, мелкозернистые полимиктовые песчаники и аргиллиты. Для серо-зеленоватых прослоев пород свиты характерны повышенные (надкларковые) содержания селена, скандия, иногда иттрия, ванадия, меди и др. Мощность жиделисайской свиты превышает 200-300м.

3.1.3 Мезо-кайнозойские комплексы.

Мезо-кайнозойские отложения, представляют собой слаболитифицированную часть осадочного слоя земной коры. Они представлены среднеальпийским (платформенным) мел-палеогеновым и позднеальпийским (активизационным) позднеолигоцен-четвертичным структурно-формацион-ными комплексами (СФК).

Платформенный мел-палеогеновый комплекс.

Отложения меловой системы на месторождении и в его районе представлены верхним отделом и по стратиграфической схеме, разработанной в ОАО «Волковгеология», разделяются на три горизонта (снизу): мынкудукский (K_2t_1), инкудукский (K_2t_2-st) и жалпакский ($K_2km-P_1^1$). [19]

Нижний турон. Мынкудукский горизонт (свита) разделяется на два подгоризонта (подритма). Нижнему свойственно дифференцированное строение, обусловленное чередованием стрежнево-руслowych разнозернистых гравийных песков, нередко с галькой, с прослоями сероцветных и пестроцветных песчанистых глин и алевролитов. Преобладающие окраски песков серые и светло-серые, для них характерно присутствие крупного и мелкого растительного детрита. В верхнем подгоризонте заметно преобладают сравнительно однородные мелко-среднезернистые пески зеленовато-серого цвета с редкими прослоями пестроцветных, зеленых и серых глин и алевролитов.

Верхний турон –коньяк -сантон. Инкудукский горизонт залегает на отложениях раннего турона с отчетливой границей размыва, хотя и без значительного стратиграфического перерыва. Наиболее широко в составе

инкудукского горизонта развиты разнoзернистые гравийные пески, часто с галькой размером до 5 см и более, слои гравийников и галечников, прослои среднезернистых, мелкозернистых песков, глин и алевролитов сравнительно редки. Западнее, в направлении Сузакской впадины в разрезе инкудукского горизонта выделяется до двух-трех, иногда более, подритмов. Однако в области Уванасского мегавала (Тастинского поднятия), где расположено месторождение Акдала, ритмичное строение этого горизонта либо неотчетливо проявлено, либо вообще не выражено.

Мощность горизонта вдоль рудоносной полосы месторождения практически не превышает 40 м.

Кампан-нижний палеоцен.. Жалпакский горизонт по объему, возрасту и характеристике довольно близко соответствует кокпансорской свите региональной стратиграфической схемы Южного Казахстана. Это главный рудовмещающий горизонт Акдалы. Он образует самостоятельный макроритм, в котором резко преобладают песчаные аллювиальные отложения. Ко времени накопления жалпакского горизонта отмечается общее выравнивание рельефа района и, поэтому, в области Тастинского поднятия его облик по составу и мощности существенно не отличается от того, какой он имеет в других частях района.

В основании и в нижней части горизонта («собственно жалпакская пачка») доминируют серые среднезернистые косослоистые пески с примесью гравия и гальки. По простиранию они часто сменяются разнoзернистыми песками, как сероцветными, так и зеленоцветными. Мощность сероцветной пачки 15-20м. Верхняя часть жалпакского горизонта сложена преимущественно разнoзернистыми песками, которым подчинены средне- и мелкозернистые пески, маломощные (до 1-2м) прослои пестроцветных глин и плотно сцементированных карбонатных песчаников. Мощность верхней пачки, первоначально выделявшейся под названием «бюртускенский горизонт», на месторождении Акдала 40-45м. Ее граница с нижней, сероцветной пачкой нечеткая и имеет скорее геохимическую природу. Литолого-геохимические

различия между нижней и верхней пачками обусловлены тем, что верхняя часть жалпакского горизонта подверглась интенсивному воздействию процессов поверхностного и грунтового окисления и выветривания в дат-раннепалеоценовое время в связи с развитием региональной поверхности выравнивания. В дальнейшем, под действием иловых вод эоценового моря, эта часть испытала слабое, неконтрастное восстановление глеевого типа с интенсивным выносом железа.

Палеогеновая система за пределами месторождения Акдала, в Сузакской впадине представлена довольно полным разрезом континентальных, прибрежно-морских и морских отложений, отвечающих нескольким горизонтам (свитам региональной шкалы, 1986 г.)- уванасскому, в основном верхнего палеоцена (соответствует чулаккурганской свите республиканской шкалы), уюкскому нижнего эоцена (близок к кайнарбулакской свите), иканскому среднего эоцена (яныкурганская, или муюнкумская свита), интымакскому верхнего эоцена (чеганская, устемирская свиты), бетпакдалинскому верхнего олигоцена (бетпакдалинская свита). Площадь месторождения, которая размещается на устойчиво развивавшемся Тастинском поднятии, характеризуется развитием лишь уванасского горизонта. Уюкский и иканский горизонты были размывы в результате кон- и постседиментационных процессов эрозии, в частности перед накоплением позднеэоценовой глинистой морской толщи интымакского горизонта. Уванасский горизонт на всей площади месторождения представлен главным образом светло-серыми и зеленовато-серыми среднезернистыми аллювиальными песками мощностью 2 - 5 м, редко больше.

Интымакский горизонт характеризуется на месторождении сокращенной (до 40-45м) общей мощностью и широким распространением в разрезе, особенно в его средней части, в виде прослоев мелко-среднезернистых глинистых, существенно кварцевых серовато-зеленых песков мощностью до 6-8м, отражающих переход прибрежно-морских фациальных условий позднеэоценового бассейна к мелководно-морским. [17]

Позднеальпийский активизационный комплекс

Формирование позднеальпийского активизационного комплекса связано с неотектогенезом, который охватил область Тянь-Шаня и прилегающие территории. В районе месторождения Акдала комплекс включает в себя бетпакдалинскую свиту позднего олигоцена, асказансорскую свиту условно раннего миоцена, и андасайскую свиту позднего миоцена. Сейчас, вследствие значительных трудностей их расчленения, они (вместе с кеншагырской свитой – N_2^2) стали объединяться в пестроцветную тогузкенскую толщу (N_1^2 - N_2^2).

Бетпакдалинская существенно озерная свита, залегает с размывом на верхнеэоценовых морских глинах. Она сложена относительно однородными кирпично-красными и красно-бурыми карбонатными глинами, алевролитами, розовыми и бурыми песками. Мощность свиты меньше 20 метров.

Тогузкенская свита широко проявлена в Сузакской впадине. Литологически эта свита близка к бетпакдалинской, но отличается более пестрым и грубозернистым составом отложений. Верхняя часть комплекса в составе которой преобладает песок не превышает мощностью 10-15 метров. На тастинском поднятии по региональной шкале тогузкенская свита относится к андасайской свите (N_1^2).

Четвертичные отложения представляют собой весьма маломощный (не более 1-3 метров) прерывистый покров такырных, эоловых и пролювиальных суглинков, песков и гравийников.

3.2 Тектоника и история геологического развития.

Шу-Сарысуйская депрессия сформирована на восточной окраине Туранской плиты. Ее уникальная рудоносность определяется системой региональных фронтов ЗПО, развитых в водоносных горизонтах мела и палеогена. Происхождение провинции подготовлено и обусловлено всем ходом геологического развития региона.

Общий структурный план Шу-Сарысуйской депрессии и обрамляющих ее территорий был заложен еще в докембрийское время, когда по системам древнейших линеаментов северо-западного направления были заложены протопрогибы и протоподнятия, в частности Тастинское (рис.3.2).

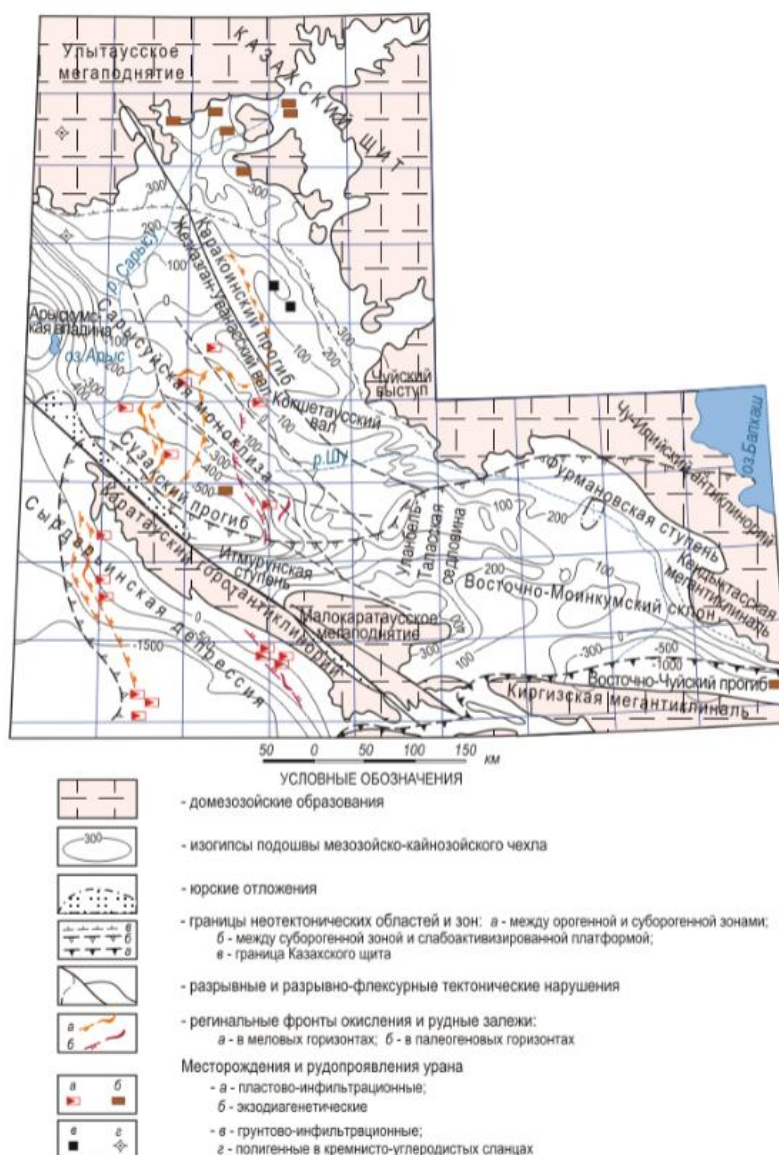


Рисунок 3.2 – Структурная схема мезозойско-кайнозойского чехла Шу-Сарысуйской депрессии

Если нижняя, максимально дислоцированная и наиболее метаморфизованная часть гранитно-метаморфического слоя (ГМС) изучена еще довольно слабо, то по истории формирования верхней части информация более полная. Эта часть ГМС формировалась в течение длительного (от PR_2 до PZ_3) временного интервала в результате неоднократно повторявшихся процессов геосинклинального и сводово-глыбового развития земной коры, которые привели к образованию на гранитно-метаморфическом основании разновозрастных геосинклинально-складчатых систем и интрузивно-вулканических поясов. Особенно интенсивное и продолжительное развитие эти процессы имели место в северо-восточном и юго-восточном обрамлении Шу-Сарысуйской депрессии, что оказалось чрезвычайно важным для протекавших в ней последующих процессов экзогенной металлогении.

Основная роль этих процессов заключалась в формировании геохимического спектра домезозойских образований, включающего среди прочих группу специализированных по урану и ряду других элементов, геологических формаций. Часть из них обусловлена длительными процессами гранитизации и полихронного магматизма. Другие сформировались в обстановке геосинклинального режима в краевых зонах срединных массивов и особенно в условиях сводово-глыбового тектогенеза. Следует отметить, что все урановые формации сводово-глыбового режима содержат повышенные содержания редких и рассеянных химических элементов, таких как Y, Yb, Sn, Be, W, Mo, Nb, Ta, Li, Re, Se и других. Отмечается приуроченность высокоспециализированных на радиоактивные элементы магматических формаций к разуплотненным сиалическим блокам с геоантиклинальной направленностью развития. Этим блокам, наряду с интенсивным проявлением в них гранитизации и полихронного магматизма, свойственно широкое развитие процессов регионального гидротермально-метасоматического преобразования пород с интенсивным перераспределением радиоактивных и других элементов.

К важнейшим чертам металлогении Шу-Сарысуйской урановорудной провинции относится ее смежное расположение с территорией полиметалльного Шу-Илийского рудного пояса и Бетпакдала-Шу-Илийской эндогенной урановорудной провинции, служившей исключительно благоприятной областью питания и сноса материала для средне-позднепалеозойских и, в особенности, мезозойско-кайнозойских осадочных комплексов.

Территория же самой Шу-Сарысуйской провинции в течение среднего-позднего палеозоя развивалась в условиях крупной наложенной впадины, где в аллювиально-озерных условиях происходило накопление осадочных толщ промежуточного этажа. По сравнению со сложнодислоцированным и метаморфизованным кристаллическим основанием, уровень тектонизации промежуточного этажа существенно ниже. Конседиментационные и последующие субплатформенные дислокации носили характер разнонаправленных блоковых перемещений фундамента на фоне общего эпейрогенического погружения. При этом отмечается довольно быстрое убывание степени дислоцированности пород снизу вверх по разрезу и возрастание ее в зонах разломов, унаследованных от докембрийского этапа развития – Кокшетауского, Мынчукурского, Арандинского и других, где обычные для данного комплекса углы падения в $10-30^\circ$ возрастают до $50-60^\circ$, иногда и более. В пределах Тастинского поднятия и особенно на площадях Арандинского выступа, Ортасынерлинской антиклинали процессы погружения и седиментации сменялись вздыманием и конседиментационными размывами отложений. В позднем палеозое были заложены и довольно активно развивались локальные антиклинальные и синклинальные структуры с весьма характерными для них брахиформами. Ближайшие к месторождению Акдала локальные антиклинали – Придорожная, Северо-Придорожная, Южно-Придорожная, Уванасская. [28]

По своей геологической позиции и геохимическим особенностям средне-позднепалеозойские субплатформенные формации не могли служить

существенным источником урана для отложений мезозойско-кайнозойского чехла. Вместе с тем области их распространения предопределили развитие последующих платформенных структур в пределах, которых, в дальнейшем, сформировались рудовмещающие меловые и палеогеновые комплексы и, еще позднее, предопределили региональный характер и, возможно, основные контуры рудообразующих зон пластового окисления.

К концу перми интенсивное осадконакопление в Шу-Сарысуйской депрессии прекратилось и, вплоть до позднего мела, она представляла собой приподнятое плато, на котором господствовали процессы денудации и развития кор выветривания. В триас-юрское время орогенно-тафрогенные процессы с интенсивным осадкообразованием происходили за пределами провинции – в Южно-Тургайской, Каратау-Северо-Тянь-Шаньской, Шу-Или-Балхаш-Илийской зонах. В самой провинции по домезозойским образованиям формировалась мощная латеритная кора выветривания, которая, вероятно, была уничтожена дальнейшими процессами денудации в течение всего раннего мела.

К началу турона поверхность района была в очередной раз выровнена. В мынкудукское время Туранская плита испытала региональное погружение и обширную морскую трансгрессию, охватившую пространства к юго-западу от хр. Б. Каратау. Шу-Сарысуйская впадина представляла собой приморскую озерно-аллювиальную равнину. Осадконакопление в ней происходило в условиях влажного теплого климата и контролировалось конседиментационными тектоническими структурами. Как уже отмечалось, на месторождении Акдала и Тастинском поднятии, в основном, в пролювиальных условиях накопились пестроцветные глинисто-грубообломочные отложения сокращенной мощности и с низкими восстановительными свойствами. Формирование инкудукского горизонта происходило после короткого перерыва в обстановке усиливавшейся дифференциации рельефа более интенсивными аллювиально-пролювиальными потоками по структурно-тектоническому плану, унаследованному от раннетуронского века. Сокращенная мощность, пестроцветный, зеленовато-белесый облик и неоднородный состав отложений

инкудукского горизонта на месторождении Акдала обусловили его малую перспективность в отношении эпигенетического рудообразования. Отмечается заметная аридизация климата в инкудукское время. Ко времени формирования жалпакского горизонта произошло расширение бассейна осадконакопления и выравнивание рельефа района ЧСД, который вновь становится приморской равниной с проявлением аллювиальных процессов, особенно активных в начале образования осадочного цикла. Некоторое увлажнение климата способствовало накоплению в горизонте отложений сероцветного геохимического типа, благоприятных для эпигенетического уранообразования. Конец жалпакского времени характеризуется прекращением осадконакопления и усилением денудационных процессов. В дат-раннепалеоценовый век в районе месторождения, так же как и на окружающей его обширной территории, происходило формирование региональной поверхности выравнивания, мощной коры выветривания и зоны грунтового окисления, охватившей значительную мощность жалпакского горизонта (местами до его подошвы).

В то время как в верхнем палеоцене, раннем и среднем эоцене в Сузакской впадине в аллювиальных, дельтовых и подводно-дельтовых условиях накапливались отложения уванасского, уюкского и иканского горизонтов, в северо-восточной части провинции, в частности, на Тастинском поднятии, доминировали процессы денудации, в результате которых происходила эрозия и уничтожение осадков.

По всей вероятности, одновременно здесь продолжалось развитие зоны грунтового окисления, распространявшегося на нижние слои жалпакского горизонта. Платформенный этап в регионе завершился наиболее обширной за все его время трансгрессией позднеэоценового («чеганского») моря и накоплением толщи слоистых морских глин, залегающих с угловым несогласием на отложениях жалпакского горизонта. Под воздействием иловых бескислородных вод позднеэоценового бассейна породы зоны древнего грунтового окисления были восстановлены и приобрели общий зеленовато-белесый облик.

Тектонические движения платформенного этапа имели в основном конседиментационный характер. Сузакский прогиб практически отсутствовал и поперечный профиль Шу-Сарысуйской депрессии приближался к симметричной форме. Зоны разломов, проявленных в фундаменте платформенного чехла, развивались, главным образом, по типу флексур, ограничивающих относительно слабо проявленные блоково-пликативные структуры. Продолжала развиваться купольная тектоника. В отложениях рудовмещающего мел-палеогенового комплекса большинство купольных структур проявлено как пологие брахиантиклинальные складки, контролирующая развитие глинистых отложений межпойменных фаций и участки сокращенной мощности горизонтов.

Эпигенетическое рудообразование в Шу-Сарысуйской провинции связано с неотектоническим (позднеальпийским) этапом. Его начало относится к «бактыкаринской» фазе активизации, проявившейся в конце длительного стратиграфического перерыва (около 8-9 млн.лет) - в позднем олигоцене перед накоплением красноцветной бетпакдалинской свиты. Значительно активизировался Главный Каратауский разлом, началось формирование Сузакского прогиба - одного из центров седиментации. Однако, в северной и центральной частях провинции и, в частности, районе месторождения Акдала, тектонический режим оставался платформенным без каких-либо существенных дислокаций, олигоцен-миоценовые отложения залегают спокойно, хотя и с незначительными перерывами и угловыми несогласиями. Существенные изменения в тектоническом строении района месторождения произошли в более поздний, собственно орогенный, плиоцен-четвертичный этап неотектогенеза, когда были образованы высокогорные системы Тянь-Шаньского орогена, возникли новые области питания водоносных горизонтов мела и палеогена (Большой Каратау), структура Шу-Сарысуйской урановорудной провинции приобрела практически современный вид.

Месторождение находится на юго-западном пологом склоне Жезказган-Уванасского мегавала между разрывно-флексурными зонами Мыншукурского

и Жезказган-Кокшетауского разлома северо-западного направления. Рудоносная полоса на западе месторождения ограничена зонами Мыншукурского, а на востоке Уванасского (Кызымчекского) разломов. На западном фланге рудное поле месторождения Акдала вплотную примыкает к клинообразному Арандинскому выступу. Особое положение занимает, расположенная юго-восточнее месторождения, Кызымшекская структура, которая по последним представлениям имеет космогенное происхождение (астроBLEMA).

Характерной особенностью мезо-кайнозойского чехла и, прежде всего, мел-палеоценового комплекса является закономерное снижение степени его тектонизации от домезозойского субстрата вверх по разрезу - на уровне жалпакского горизонта видимые дислокации оруденения и вмещающих пород практически отсутствуют.

Позднеолигоцен - миоценовое время рассматривается в качестве основного этапа формирования рудоконтролирующих зон пластового окисления, что подтверждается, прежде всего, тем, что региональные фронты ЗПО «разорваны» горстантиклинорием Б.Каратау и другими позднеорогенными структурами. Об этом же свидетельствуют данные определения абсолютного возраста оруденения, оценивающие его как полихронное, однако, в качестве «обязательных» на графиках возраста присутствуют либо позднеолигоценовый, либо миоценовый возрастные максимумы. Наиболее древнее оруденение обычно отвечает прямолинейным, близширотным участкам рудных залежей, тогда как самые молодые руды приурочены к фронтальным границам передовых языков («фестонов») зон пластового окисления, ориентированных в северо-западном направлении. Молодое оруденение имеет позднеплиоцен-четвертичный возраст и связано с процессами переотложения урана, протекавшими при развитии наиболее молодых ЗПО в позднеорогенный этап неотектогенеза.

Анализ особенностей расположения в районе региональных фронтов ЗПО однозначно показывает, что они контролируются, главным образом,

платформенной конседиментационной и, частично, постседиментационной тектонической структурой рудовмещающего мел-палеогенового комплекса - контуры фронтов окисления, как правило, конформны их гипсометрии. На соответствующих структурных картах отчетливо видно как региональные фронты ЗПО огибают с востока (месторождение Жалпак) и с юга (месторождение Акдала) Ортасынерлинскую антиклиналь, образуя резкие изгибы в зонах Мынкудукского и Арандинского разломов (Мынкудук), подчиняясь, в общих контурах и деталях, положению меридиональных структур Сарысуйской зоны (Инкай) и т.д. Нередко эти дислокации выполняют роль прямых структурных барьеров на пути движения потоков ураноносных пластовых вод, но чаще их влияние на размещение границ ЗПО и оруденения опосредованное, проявленное через литологический состав рудовмещающих горизонтов, зависящих от различий в фациальных обстановках на этапе седиментогенеза. [28]

Оруденение в мынкудукском и инкудукском горизонтах обычно приурочено к области выклинивания пластового окисления, где оно образует ролловые формы. Особое место в этом отношении занимает жалпакский рудоносный горизонт. Региональная ЗПО выклинивается в его верхней или средней частях в белесых песках, переработанных древним грунтовым окислением и слабо восстановленных иловыми водами эоценового моря или (например, на месторождении Уванас) подрусловыми грунтовыми водами. Оруденением область замыкания ЗПО не сопровождается. Основное промышленное оруденение в этом горизонте локализуется в его основании, в неокисленных сероцветных песках, содержащих углистые остатки. Форма рудных залежей в разрезе преимущественно клиновидная «мешковая», неправильная, линзообразная. Именно в такой позиции находится основная масса оруденения на месторождении Акдала.

4 Урановое оруденение.

4.1 Литогеохимические условия локализации оруденения.

Из трех развитых на месторождении проницаемых водоносных горизонтов верхнего мела подавляющая часть промышленного уранового оруденения локализуется практически в одном – жалпакском. Оно контролируется субширотным участком единой системы сближенных региональных фронтов ЗПО, огибающих с юга Ортасынырлинскую антиклиналь. Далее границы окисления в мынкудукском и инкудукском горизонтах простираются в северо-западном направлении, где они контролируют оруденение на месторождении Мынкудук, тогда как фронт окисления в жалпакском горизонте, подчиняясь лито-геохимическим особенностям последнего, резко меняет ориентировку на субмеридиональную и простирается вдоль зоны Арандинского разлома на юг – в сторону месторождения Шолак-Эспе. На месторождении Акдала основной рудовмещающей структурой является жалпакский горизонт.

В региональном палеографическом плане накопление жалпакского горизонта (свиты) происходило в условиях аллювиальной системы кампан-маастрихтского времени, ориентированной преимущественно в субмеридиональном направлении. [35]

Характер залегания, фациально-литологические особенности, общая геохимическая характеристика мезозойско-кайнозойского комплекса и рудовмещающего жалпакского горизонта на месторождении Акдала иллюстрируется продольными и поперечными геологическими разрезами. На продольном разрезе видно, что в восточной, несколько большей части месторождения (в интервале профилей 592-816) мезозойско-кайнозойский чехол в целом и жалпакский горизонт характеризуются практически горизонтальным залеганием. В западной части наблюдается незначительный (доли градуса) уклон на запад-юго-запад – в сторону Мынчукурского разлома. На всем протяжении рудоносной полосы (около 100 км) общая мощность жалпакского горизонта изменяется в пределах 45-65 м. Причем минимальные

ее значения – 45-50 м – отмечаются в средней части месторождения, на участке Летнем (в интервале профилей 584-656). Нижняя граница горизонта проводится довольно уверенно по подошве сероцветных, среднезернистых песков, сменяющихся ниже разномзернистыми, преимущественно крупно-грубозернистыми, часто гравийными песками верхнего подритма инкудукского горизонта. На участке Ближнем жалпакский горизонт перекрывается маломощными (2-5м) среднезернистыми сероцветными песками уванасского горизонта. На остальной части месторождения они или размыты полностью, или сохранились в виде небольших линз (район профилей 672-680, 736) и на песчаных образованиях жалпакского горизонта залегают отложения морской интымакской свиты.

Как видно на разрезах (рис.4.1), жалпакский горизонт разделяется на два подгоризонта. Они представляют собой два нечетко выраженных аллювиальных подритма примерно равной, изменяющейся в пределах 20-40 м, мощностью и слабо проявленной границей между ними, проводимой главным образом по подошве касательно грубозернистых, чаще гравийных песков. Пески залегают на размытой поверхности среднезернистых и разномзернистых песков, алевролитов и линз глин. Нижний подгоризонт относится, условно, к кампану, верхний – маастрихту, нижний – палеоцену. Иногда на границе подгоризонтов проявлены маломощные (доли метра) прослои и линзы плотных разномзернистых светло-серых, белесых песчаников с кремнисто-карбонатным цементом. Эти образования, протяженностью до нескольких сотен метров и, возможно, первых километров, весьма характерны для нижней части верхнего подгоризонта.

Столь же многочисленны в верхнем подгоризонте, беспорядочно располагающиеся среди песчаных отложений, линзы пестроокрашенных песчанистых глин и алевролитов протяженностью до первых километров и мощностью от долей метра до 2-12м. Особенно характерны для них буротабачные и бледно-зеленые окраски.



Наиболее выдержанный прослой глин белесо-зеленого цвета, протяженностью до 12 км и не постоянной мощностью в несколько метров, прослеживается на участке Ближнем в подошве водоносного уванасского горизонта, образуя по отношению к последнему довольно выдержанный нижний водоупор.

Столь же многочисленны в верхнем подгоризонте, беспорядочно располагающиеся среди песчаных отложений, линзы пестроокрашенных песчанистых глин и алевролитов протяженностью до первых километров и мощностью от долей метра до 2-12 м. Особенно характерны для них буротабачные и бледно-зеленые окраски. Наиболее выдержанный прослой глин белесо-зеленого цвета, протяженностью до 12 км и не постоянной мощностью в несколько метров, прослеживается на участке Ближнем в подошве водоносного уванасского горизонта, образуя по отношению к последнему довольно выдержанный нижний водоупор.

Нижний подгоризонт, определяющий рудоносность жалпакского горизонта, представляет собой в плане чередование полос руслово-стречневых отложений (шириной от 0,3-0,5 до 1,5-2 км) с породами руслово - пойменных и междурусловых фаций. В составе первых обычно преобладают разномеристые пески, нередко с примесью гравия и мелкой гальки, обычно серые и светло-серые с углистым растительным детритом, с которым ассоциируют мелкие выделения дисульфидов железа - пирита и марказита. Среди вторых доминируют среднемеристые разновидности песков обычно бледно-зеленой и белесой окраски.[35]

На месторождении Акдала в составе нижнего подгоризонта, в отличие от верхнего, доминируют мелко-среднемеристые разновидности песков и, таким образом, жалпакский горизонт в целом имеет не ясно проявленный регрессивный тип строения разреза, это отличает его от нижележащих - инкудукского и мынкудукского горизонтов, характеризующихся трансгрессивным типом разрезов аллювиальных циклов. Галечно-гравийно-

песчаные отложения стречневых русловых фаций в разрезе нижнего подгоризонта занимают незначительное место.

Сравнительная характеристика среднего гранулометрического состава проницаемых пород верхнемеловых водоносных горизонтов приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Средний гранулометрический состав гравийно-песчаных пород водоносных горизонтов верхнего мела.

Горизонты	К-во проб	Гранулометрические классы, мм						
		10-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	<0,05
Жалпакский	1439	3,4	3,4	5,7	53,7	17,8	4,4	11,6
Инкудукский ^х	1814	16,0	7,0	7,4	28,6	23,0	5,2	12,8
Мынкудукский ^х	4111	6,8	3,6	4,6	37,2	26,1	6,8	14,9

Примечание: х – приведена суммарная характеристика по месторождениям Мынкудук и Акдала.

Из таблицы 4.1 следует, что рудовмещающий жалпакский горизонт (нижний подгоризонт) выделяется на фоне мынкудукского и, особенно, инкудукского горизонтов, прежде всего, существенно меньшим объемом галечного класса (10-2 мм), значительно большим содержанием среднезернистого класса (0,5-0,25 мм), заметно меньшим объемом мелкозернистого (0,25-0,1 мм), тонкозернистого (0,1-0,05 мм) и алевро-глинистых (<0,05 мм) классов.

Средний гранулометрический состав отдельных типов отложений нижнего подгоризонта жалпакского горизонта приводится в таблице 4.2.

Из этой таблицы следует, что в объеме рудовмещающего нижнего подгоризонта резко преобладают первые три типа водопроницаемых пород – 92,0%. Незначительный (6,1%) объем занимает мелкозернистый песок и резко подчиненное положение имеют прослои слабопроницаемых (0,4%) и непроницаемых глинистых (1,5%) пород. Следует также отметить, что содержание глинисто-алевритовых классов (<0,05 мм) в трех проницаемых важнейших типах пород незначительное и изменяется в пределах 9-15%.

Условия эпигенетического рудонакопления и характер распределения уранового оруденения в жалпакском горизонте в значительной мере определяются сложной историей протекавших в нем геохимических процессов,

что обусловлено положением этого горизонта в верхней части позднемелового рудовмещающего комплекса.

Как уже отмечалось, в дат-раннепалеоценовое время, в результате общего вздымания территории и региональной денудации, поверхности отложений жалпакского горизонта подверглись глубокой проработке грунтовыми окислительными процессами. Зона грунтового окисления распространилась на всю мощность верхнего подгоризонта и значительную часть нижнего, местами, по-видимому, достигая кровли инкудукского горизонта. Особенно глубоко эти процессы проявились на участках Летнем и Дальнем, расположенных в пределах Уванасского вала (Тастинского поднятия). Значительная (на всю мощность) проработка окислительными процессами прослоев и линз глин может свидетельствовать о длительности и интенсивности этих процессов, обусловивших вынос и переотложение аутигенных компонентов пород, в частности урана. В дальнейшем, при накоплении сероцветных перекрывающих отложений позднего палеоцена (уванасский горизонт) и эоцена (уюкский и иканский горизонты) в грунтово-окисленных породах жалпакского горизонта распространились процессы восстановления, протекавшие без существенного участия эпигенетических восстановителей и носивших глеевый характер. Восстановительные процессы особенно глубоко проявились в результате проникновения в жалпакскую толщу иловых вод интымакского ("тасаранско-чеганского") моря на участках, где предшествующей очередной эрозии подверглись не только ранне-среднеэоценовые образования, но и отложения уванасского горизонта.

Ко времени проявления неотектогенеза и развития региональных зон пластового окисления жалпакский горизонт на месторождении Акдала имел следующий геохимический облик. В нижнем подгоризонте сохранились крупные реликтовые поля первично сероцветных, диагенетически восстановленных отложений. Остальная часть горизонта была сложена образованиями, испытавшими древнее грунтовое окисление и последующее глеевое восстановление.

Таблица 4.2 - Средний гранулометрический состав основных литологических типов пород нижнего (рудовмещающего) подгоризонта

№№ пп	Литологические типы	К-во проб	Доля в объеме горизонта, %	Гранулометрические классы, мм						
				10-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	<0,05
1) Водопроницаемые										
1	Разнозернистый песок с гравием	272	18,9	14,8	13,4	16,5	36,2	6,7	3,4	9,0
2	Среднезернистый песок	597	41,6	1,4	1,5	4,2	68,7	11,3	3,0	9,9
3	Мелко-средне-зернистый и средне-мелкозернистый песок	453	31,5	1,5	1,7	3,3	44,1	29,1	5,6	14,7
4	Мелкозернистый песок	87	6,1	0,1	0,2	0,5	7,8	58,3	14,0	19,1
2) Слабопроницаемые										
5	Пески с суммой частиц < 0,05-30-40%	6	0,4	-	-	-	1,7	28,0	85,3	35,0
3) Непроницаемые										
6	Породы с суммой частиц <0,05 более 40%	22	1,5	0,2	0,1	0,2	2,0	7,2	15,0	75,3
	ВСЕГО	1487	100							

Для месторождения Акдала отмечаются существенные сокращения мощности мынкудукского и инкудукского горизонтов и общее увеличение крупности обломочного материала гравийно-песчаных отложений. Последние представлены, главным образом, зеленоцветным геохимическим типом, характеризующимся невысокой восстановительной способностью, как правило, недостаточной для формирования контрастного геохимического барьера и оруденения сколько-нибудь значительных промышленных масштабов. Отложения рудоперспективного сероцветного типа пользуются ограниченным распространением лишь на отдельных участках в основании мынкудукского горизонта.

Таким образом, основным рудовмещающим горизонтом на месторождении Акдала является нижний (кампанский) подгоризонт жалпакского горизонта, по своим литолого-геохимическим особенностям благоприятный для накопления промышленного эпигенетического уранового оруденения. Определенные, в целом незначительные, перспективы промышленной рудоносности могут связываться с мынкудукским горизонтом. Инкудукский горизонт на участке Акдала в отношении эпигенетического уранового оруденения неперспективен.[16]

4.2 Морфология уранового оруденения.

Многослойная региональная зона пластового окисления на месторождении была разделена базальными сероцветными породами жалпакского горизонта и глинистыми прослоями в верхах инкудукского на два мощных языка. Нижний, который проявляется в отложениях мынкудукского и инкудукского горизонтов, и верхний, развитый в жалпакском горизонте. В жалпакском горизонте пластовое окисление с опережением развивалось в эпигенетически слабовосстановленных высокопроницаемых отложениях верхнего и, разделяющих сероцветы, зеленоцветных "окнах" нижнего подгоризонтов. При этом достаточно контрастный восстановительный барьер, необходимый для образования кондиционного оруденения, формировался лишь

на границе ЗПО с первично сероцветными породами. Причем наиболее значительные по мощности и содержанию урановорудные залежи образовались на фронтальной границе ЗПО в сероцветах, в особенности, благодаря присутствию местных глинистых водоупоров имели место условия для обособления пластового окисления в виде локальных языков. С последними связано формирование ролловых форм оруденения. На месторождении Акдала такие языки ЗПО в зависимости от расположения глинистых водоупоров образуются как в нижней, так и в средней частях пласта сероцветных песков, иногда в обеих частях одновременно, определяя позицию роллообразных залежей. Обычно в поперечных разрезах они имеют неправильные, асимметричные формы, состоящие из мешковой части и крыльев – верхнего или нижнего, гораздо реже обоих (рис. 4.2-а,б,в). Часто оруденение представлено изменчивыми по мощности линзами и телами неправильной формы (рис.4.2-д). Нередки случаи, когда мешковые, иногда клиновидные формы оруденения в поперечных разрезах образованы при одновременном участии границ пластового окисления, развитого сверху, снизу и в тыловой части рудной залежи (например, по профилю 484). Естественно, что внутреннее строение таких залежей, характер распределения в них урана и сопутствующих компонентов, радиологические особенности оруденения отличаются необычайной сложностью и отсутствием сколько-нибудь отчетливо проявленной зональности в плане и в вертикальных разрезах. Однако доминирующая доля оруденения связана с фронтальными границами ЗПО в пластах сероцветов. Это подтверждается и разрезами на рисунке 4.2-а,б, показывающими, что нередко нижняя граница пластового окисления в жалпакском горизонте и верхняя – в инкудукском и жалпакском, непосредственно не сопровождается оруденением, будучи отделенными от него интервалами безрудных пород.

В мынкудукском горизонте месторождения Акдала, как и на месторождении Мынкудук, основная часть уранового оруденения локализуется на выклинивании языков ЗПО, либо в обособляющихся непосредственно над

породами позднего палеозоя, выполняющими роль нижнего водоупора, либо в отделенных от них слоями безрудных существенно глинистых пород. [32]

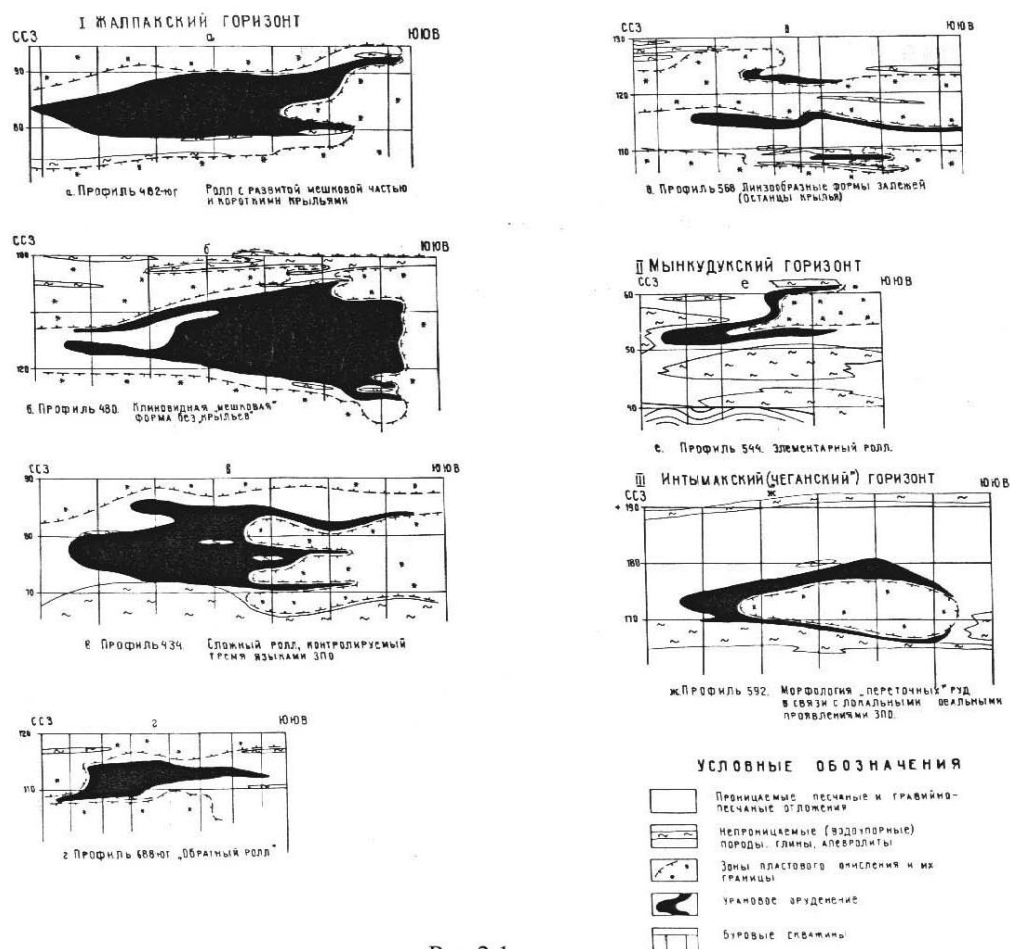


Рисунок 4.2 – Морфологические типы рудных залежей месторождения

Акдала

В поперечных разрезах преобладают ролловые формы тел, по ширине и мощности значительно уступающие залежам месторождения Мынкудук (рис.4.2-е). Основными причинами низкой продуктивности мынкудукского горизонта на месторождении Акдала, как уже отмечалось, является невысокая интенсивность гидродинамики пластовых вод на этапах рудообразования и, возможно, локальное распространение сероцветных отложений с восстановительными свойствами, необходимыми для формирования достаточно контрастного геохимического барьера.

В плане урановое оруденение образует сильно извилистые ленты с диагональной северо-западной «гофрировкой», обусловленной господствующим направлением гидродинамики рудообразующих пластовых

вод на позднейшем этапе. На трех выделенных участках месторождения рудные ленты характеризуются несколько различной генеральной ориентировкой. На участке Ближнем общая ориентировка залежи б запад-юго-западная, на Летнем – запад-северо-западная и на Дальнем она практически широтная. Максимальная протяженность залежей по прямой (магистральной) линии в жалпакском горизонте – до 9,6 км (залежь № 6 на участке Ближнем), по оси залежей их длина существенно выше. Ширина урановорудных залежей – от их полного выклинивания (в контурах балансовых руд) до 500-700 м – на участках их «раздува».

Описание рудных залежей. Урановое оруденение месторождения Акдала сконцентрировано в семи рудных залежах, контуры которых условно проводятся по пересечениям с граничным содержанием урана 0,01 % и величиной метро процента по пересечению 0,02 %. В жалпакском и мынкудукском горизонтах выявлено по три залежи и в интымакском – одна. Размеры рудных залежей, их позиция в разрезе и доля от общих ресурсов месторождения приведены в таблице 4.3. Остальные рудные проявления, установленные, как правило, единичными скважинами и, по существу, не разведанные, в рангах залежей или рудных тел не классифицированы.

Залежь 6, локализованная в жалпакском горизонте участка Ближнего (проф.428-504), является наиболее продуктивной, определяющей промышленные масштабы месторождения Акдала. Разведана по сети 200х50 м. В плане она представляет сильно извилистую ленту запад-юго-западной ориентировки с резкими изгибами, связанными с «языками» пластового окисления, проявленными в субширотном направлении. Наиболее глубокий «язык» развит в средней части залежи в интервале профилей 448-462. С ним связаны максимально продуктивные участки залежи 6, по многим пересечениям превышающие 10 кг/м², а по ряду скважин достигающими 20-30 кг/м². В районе этого языка наблюдается и значительная ширина залежи – до 500-700 м. В вертикальном разрезе преобладают клиновидные формы рудных тел, ограниченные зоной пластового окисления, которая развивается с трех

сторон – с тыла, сверху и снизу (рис 4.2-а). Рудные «крылья» у таких тел, как правило, развиты слабо. В ряде поперечных профилей формирование залежи происходило с относительно глубоким внедрением одного или нескольких (до трех) языков окисления в сероцветные пески нижней части горизонта. В таких случаях «мешковые» формы тел сопровождаются сравнительно хорошо выраженными верхними, нижними, а иногда и промежуточными останцовыми «крыльями» (рис.4.1-в). В общей структуре залежи 6 встречаются также рудные тела неправильной линзообразной формы, связанные с нижней границей ЗПО. Оруденение залежи представлено песками. Пески, хорошо проницаемые среднезернистые и разно-среднезернистые. Оруденелые прослои и линзы глин и алевролитов сравнительно редки. Глубина залегания подошвы залежи 6 изменяется в пределах 155-195 м. [16]

В интервалах профилей 428-446, 448-470 и некоторых других, залежь 6 подстилается довольно надежным глинистым водоупором, мощностью более 1 м, либо непосредственно, либо отделяется от него интервалом пустых проницаемых пород мощностью, в основном, менее 5 м. На участках, где нижний водоупор отсутствует, в подрудном слое пород развиты отложения, величина проницаемости которых в целом одинакова с проницаемостью рудных песков или превосходит последнюю. Следует отметить, что на некоторых участках, изолированных либо прилегающих к полям развития нижнего водоупора, среди подстилающих песков распространены довольно многочисленные линзы водоупорных глин на одном или нескольких сближенных гипсометрических уровнях. Не исключено, что в процессе эксплуатационных работ эти линзующиеся водоупоры также могут быть использованы для ограничения области возможного растекания сернокислых растворов.

Мощность урановорудной залежи 6 изменяется от 0,4 до 19,5 м, содержание урана варьирует от 0,016 до 0,341%. Залежь характеризуется сравнительно высокой рениеносностью.

Таблица 4.3 - Размеры и позиция в геологическом разрезе рудных залежей месторождения Акдала

№№ пп	№№ залежи	Местоположение			Протяже нность, км	Ширина, м		Глубина залегания , м	Положение относительно нижнего водоупора, % площади залежи		Примеча ние
		Участок	Интервал разведочных профилей			от	до		< 10 м	> 10 м	
			от	до							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Жалпакский горизонт											
6	6	Ближний	428	504	9,6	25	700	155-195	65	35	
2.	2	Летний	552	640	9,6	25	175	135-150	69	31	
3.	3	Летний	656	696	5,6	25	125	150-160	68	32	
		Итого по горизонту			24,8				67,2	32,8	
Мынкудукский горизонт											
4.	4	Дальний	752	784	3,2	25	125	175-195	60	40	
5.	5	Дальний	688	720	3,2	25	75	205-240	75	25	
1	1	Летний	544	576	3,2	0	150	195-215	100	-	
		Итого по горизонту			9,6						
Интымакский горизонт											
7.	7	Летний	592	-	0,9	25	220	70-90	100	-	
ИТОГО по горизонту					0,9						

4.3 Генезис урановых руд

Существуют различные точки зрения по поводу генезиса рассматриваемого месторождения. Большинство исследователей однозначно рассматривают эпигенетическую инфильтрацию пластовых вод как рудообразующую, приводящую к формированию рудных роллов под зоной пластового окисления пород. Для образования руд необходимо, чтобы рудовмещающие породы в период оруденения выходили на поверхность, слагая раскрытые, гидрогеологические структуры артезианского типа, а на поверхности и в приповерхностных условиях были развиты безнапорные грунтовые воды. Эти воды в районах с аридным климатом содержат значительное количество свободного кислорода и характеризуются высокими значениями E_h . Содержание урана в них составляет $n \times 10^{-5}$ г/л. Пластовые воды обычно напорные, характеризуются закономерным падением пьезометрических уровней в направлении к очагам разгрузки. По мере движения по пласту эти воды постепенно изменяют свою гидрохимическую характеристику, теряя одни компоненты и обогащаясь с другими. Воды окисляют органическое вещество и минералы, способные к окислению. Они формируют зону пластового окисления.

Вторая зона гидрохимического профиля соответствует положению центральной зоны эпигенетической зональности. Пластовые воды в участках раздвоения роллов перед их мешковой частью характеризуются хлоридно-сульфатным составом. Содержание свободного кислорода в них постепенно уменьшается до 0 мг/л, что вызывает скачкообразное падение E_h пластовых вод. Таким образом, рассматриваемый интервал движения пластовых вод представляет собой восстановительный геохимический барьер, совпадающий с зоной эпигенетического накопления урановых минералов в породах.

Третья, передовая зона занимает нижнюю часть гидрохимического профиля и характеризуется развитием бескислородных пластов вод с низкими значениями E_h . Воды этой зоны содержат сероводород, концентрация которого достигает нескольких миллиграммов на литр. Свободный кислород

отсутствует, а содержание урана в водах не превышает 10-6 г/л. Эти воды фильтруются ниже рудоносных залежей в зоне сероцветных неокисленных пород. [32]

Особенности инфильтрационных месторождений:

1. Расположение месторождений в областях с аридным климатом;
2. Приуроченность месторождений к проницаемым водоносным горизонтам песчаников, которые находятся между водоупорами;
3. Наличие рудоконтролирующих зон внутрипластового окисления и рудоконтролирующей окислительно-восстановительной минералогическо-геохимической и гидрогеохимической зональности;
4. Локализация инфильтрационных месторождений в местах скопления сингенетического органического вещества и других восстановителей (битумы, органическое вещество);
5. Ролловая форма рудных тел в поперечном сечении – серповидная, в плане рудных залежей – лентовидная.

Зоны пластового окисления (ЗПО) формируются нисходящими потоками кислородсодержащих вод в артезианской системе. Вода, насыщенная кислородом, переносит растворимые оксиды U^{6+} , V, Mo, Se.

На восстановительном геохимическом барьере происходит отложение вещества. В рудной зоне происходит осаждение самородного селена, оксидов урана (U^{4+}), коффинита, пирита, молибденита, уранованадатов и др. Форма рудных тел (ролл) определена неодинаковой быстротой просачивания окисленных вод.

5 Вещественный состав оруденения.

Основным объектом изучения вещественного состава руд и вмещающих пород являлся жалпакский горизонт, в котором локализуется подавляющая масса промышленного оруденения месторождения и все оруденение его важнейшего участка – Ближнего.

5.1 Минералого-петрографическая характеристика руд и рудовмещающих пород

На втором этапе детальной разведки месторождения Мынкудук комплексные минералогические, литолого-петрографические и химико-аналитические исследования были направлены главным образом на изучение жалпакского рудовмещающего горизонта на участке Акдала

В результате проведенных работ было установлено, что оруденению в мынкудукском горизонте свойственны особенности, ранее выявленные и изученные на Мынкудукском месторождении, в то время как в жалпакском горизонте оно характеризуется некоторыми специфическими чертами, приведенными ниже.

В рудовмещающих горизонтах выделены следующие основные геохимические типы пород:

1. Сероцветный – диагенетически восстановленные отложения с содержанием $C_{орг}$ 0,05-0,5% и преобладанием двухвалентной формы железа над трехвалентной;
2. Зеленоцветный – диагенетически и эпигенетически восстановленные преимущественно зеленоцветные породы ($C_{орг}$ от 0,01 до 0,05%, $Fe^{2+} \geq Fe^{3+}$);
3. Белоцветный, маложелезистые ($Fe_{вал} < 0,3\%$) породы с низким содержанием $C_{орг}$. (<0,05-0,03%);
4. Красноцветный – невосстановленные первично красноцветные отложения с крайне низкой (<0,01%) концентрацией $C_{орг}$ и резким преобладанием Fe^{3+} над Fe^{2+} ;

5. Пестроцветный - сочетающий породы красноцветного типа с любым из перечисленных.

Черноцветный или темноцветный тип с высоким содержанием органики ($C_{\text{орг}} > 0,5\%$) и резким преобладанием Fe^{2+} над Fe^{3+} пользуется весьма ограниченным распространением. Промышленное оруденение приурочено главным образом к первому (сероцветному) типу, в меньшей степени – ко второму (зеленоцветному).

Рудовмещающие отложения представлены песчаными и гравийно-песчаными разновидностями, рыхлыми или слабоуплотненными. В мынкудукском горизонте преобладают разномзернистые, часто гравийные, и среднезернистые пески. Нижняя, рудовмещающая часть жалпакского горизонта сложена преимущественно более однородными песками с преобладанием среднезернистого класса. Усредненный гранулометрический состав рудных песков жалпакского горизонта по изученным минералого-геохимическим профилям приводится в таблице 5.1. Из нее следует, что рудные пески главного горизонта месторождения характеризуются определенной однородностью грансостава: это разномзернистые (мелко-среднезернистые с примесью гравия) пески с малым объемом тяжелой фракции и незначительным содержанием алевро-глинистых классов.

Химический состав руд изучался по групповым пробам тех же минералого-геохимических профилей (436, 448, 452, 484, 688-1). Данные, приведенные в таблице 5.2, подтверждают, что руды относятся к силикатному типу со сравнительно однородным содержанием порообразующих компонентов на различных участках месторождения. Для руд жалпакского горизонта отмечается более высокое содержание SiO_2 по сравнению с мынкудукским горизонтом (88% против 84%) и пониженная концентрация окисей калия, натрия и кальция (1,92; 0,61; 0,18% против 2,32, 0,92 и 0,44%, соответственно).

Макроскопически рудные пески от нерудных практически не отличаются, за исключением редких случаев, когда в относительно богатых рудах на зернах

грубых песков, гравия, окатышах глин или в рыхлом глинисто-алевритовом заполнителе песков наблюдаются примазки, корочки и гнезда черных сажистых урановых минералов, а сами пески приобретают темносерый цвет. Обломочный материал по составу и количественным соотношениям в рудных и рудовмещающих песках, по существу, одинаков. Он представлен кварцем, полевыми шпатами, обломками кремнистых пород, редкими чешуйками мусковита и биотита. Спорадически в песках отмечается обугленный растительный детрит и мелкие (0,5-1,5 см) желваки песчаников с базальным пиритовым, реже сидеритовым или баритовым цементом.

В составе обломочных минералов резко преобладает кварц, содержание которого составляет в среднем 80% (от 70 до 86%). Его количество в мелко-среднезернистых песках жалпакского горизонта более высокое (иногда до 92%), чем в грубо-разнозернистых отложениях, в частности мынкудукского и инкудукского горизонтов, в которых выше содержание обломков кремнистых пород несколько выше – 12-16%, против 5-8% в рудах жалпакского горизонта. Количество полевых шпатов, представленных в основном микроклином, ортоклазом и кислыми плагиоклазами, колеблется в пределах от 7 до 18%.

Обугленный растительный детрит встречается в виде мелких фрагментов растительных тканей разнообразного внешнего вида: от гелифицированной органики (коричневой плотной с хорошо сохранившейся структурой, редко бесструктурной) до фюзенизированной – черной рыхлой бесструктурной массы. Клеточные полости структурных тканей чаще всего заполнены глинистым веществом и пиритом, реже – сфалеритом и урановыми минералами. В зоне окисления пиритизированные растительные остатки замещаются гидроксидами железа. Средние содержания органического вещества в рудных песках жалпакского горизонта достигают 0,08%.

Акцессорные минералы, образующие преимущественно тяжелую фракцию класса 0,25-0,1 мм, для всех типов песчаных пород одинаковы и составляют около 0,1% от веса породы. К ним относятся ильменит, лейкоксен,

турмалин, ставролит, гранат, андалузит, дистен, эпидот, апатит, циркон, в единичных знаках – рутил и сфен.

Поровым заполнителем («цементом») рудных и вмещающих песчаных пород служит рыхлый глинисто-алевритовый материал, количество которого варьирует от 5 до 20%, в среднем составляет около 12% (табл.5.1).

По данным изучения сборных проб минералого-геохимических профилей в таблице 5.3 приведен минеральный состав рудных песков жалпакского горизонта.

Минералы, образующие нерастворимый и труднорастворимый «каркас» оруденелой породы, составляют в среднем 98,97%, тогда как растворимые в слабых сернокислотных растворах минералы едва превышают один процент. Эти данные имеют принципиальное значение при оценке геотехнологических условий эксплуатации месторождения способом ПВ.

Таблица 5.1 - Средний гранулометрический состав рудных песков жалпакского горизонта на месторождении Акдала (по минералогическим пробам)

Участок, (залежь)	№№ профилей	Содержание по классам в весовых процентах									Сумма
		>5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1		0,1- 0,05	<0,05	
							фракция				
							легкая	тяжелая			
Ближний (залежь)	436	1,21	3,87	6,13	16,76	32,65	22,54	0,12	5,24	11,48	100
	448	0,50	3,80	4,40	8,60	42,80	26,15	0,15	2,60	11,00	100
	452	2,07	4,83	8,51	20,30	32,32	16,64	0,21	4,40	10,72	100
	484	2,80	5,60	9,10	12,70	37,20	13,04	0,16	6,40	13,00	100
Среднее по участку (залежь 1)		1,65	4,52	7,04	14,59	36,24	19,59	0,16	4,66	11,55	100
Летний (залежь 3)	688-1	2,28	4,21	7,46	7,94	43,28	16,10	0,12	4,46	14,15	100
Среднее по горизонту		1,77	4,46	7,13	13,26	37,65	18,89	0,15	4,62	12,07	100

Таблица 5.2 - Химический состав рудных песков жалпакского горизонта месторождения Акдала по групповым пробам минералого-геохимических профилей

Участок, залежь	№№ профилей	Содержания окислов, %%											Сумма	ппп
		MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	FeO		
Ближний, залежь 1	436	0,16	6,37	86,48	0,03	1,99	0,65	0,19	0,18	0,00	2,47	0,00	98,52	1,48
	448	0,40	7,22	87,89	0,01	1,97	0,61	0,16	0,20	0,06	1,48	0,00	100,00	0,00
	452	0,12	6,08	88,22	0,03	1,97	0,61	0,21	0,18	0,00	1,49	0,00	98,91	1,09
	484	0,15	6,36	89,90	0,00	1,61	0,37	0,11	0,12	0,00	1,38	0,00	100,00	0,00
Среднее по участку (залежь 1)		0,21	6,51	88,12	0,02	1,88	0,56	0,17	0,17	0,02	1,70	0,00	99,36	0,64
Летний (залежь 3)	688-1	0,27	8,24	87,35	0,03	2,04	0,80	0,25	0,18	0,00	0,84	0,00	100,00	0,00
Среднее по горизонту		0,22	6,85	87,97	0,02	1,92	0,61	0,18	0,17	0,01	1,53	0,00	99,48	0,52

Таблица 5.3- Минеральный состав рудных песков жалпакского горизонта месторождения Акдала (в объемных процентах по результатам исследований сборных проб по минералого-геохимическим профилям)

Группа по растворимости	Компоненты	Участки, залежи/профили						Среднее по горизонту
		Ближний, залежь 1					Летний, зал.3	
		436	448	452	480	484	688-1	
Нерастворимые	Кварц	78,92	71,52	76,49	69,46	73,13	77,22	74,45
	Обломки кремнистых пород	4,22	7,40	6,02	4,80	7,93	6,89	6,21
	Акцессорные минералы	0,11	0,05	0,11	0,11	0,16	0,05	0,10
	ИТОГО	83,25	78,97	82,62	74,37	81,22	84,16	80,76
Трудно-растворимые	Полевые шпаты	7,85	12,03	9,25	17,54	9,05	8,35	10,68
	Мусковит, биотит	0,90	0,93	0,69	1,00	1,28	0,90	0,95
	Каолинит	3,60	3,82	4,16	2,70	4,08	3,54	3,65
	Монтмориллонит	2,38	2,52	1,45	2,40	2,64	1,56	2,16
	Гидрооксиды железа	0,65	0,91	0,88	0,65	0,60	0,51	0,70
	Обугленный детрит	0,06	0,09	0,06	0,05	0,08	0,07	0,07
	ИТОГО	15,44	20,30	16,49	24,34	17,73	14,93	18,21
Растворимые	Настуран	0,03	0,01	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02
	Коффинит	0,06	0,02	0,04	0,06	0,08	0,03	0,05
	Кальцит, сидерит	0,20	0,23	0,18	0,25	0,25	0,25	0,23
	Пирит, марказит	1,02	0,47	0,65	0,95	0,68	0,62	0,73
	ИТОГО	1,31	0,73	0,89	1,29	1,05	0,91	1,03
Сумма		100	100	100	100	100	100	100

5.2 Компоненты руд, их распределение и минералогия

Основным компонентом руд месторождения Акдала является уран. Вместе с тем на момент открытия и разведки этого объекта было известно, что руды его генетических аналогов в Шу-Сарысуйской, Сырдарьинской и Центрально-Кызылкумской провинциях нередко являются комплексными - содержат ряд других ценных компонентов, осаждающихся совместно с ураном на восстановительном геохимическом барьере и накапливающихся в практически значимых количествах в продуктивных растворах при эксплуатации месторождений способом ПВ.

По существу, на всех пластово-инфильтрационных месторождениях уже на ранних этапах их изучения были установлены повышенные концентрации селена. На некоторых объектах соседней Сырдарьинской провинции они достигают соизмеримых с ураном масштабов, тогда как на месторождениях Шу-Сарысуйской провинции промышленные залежи селена пока не известны. На ряде месторождений в Центральном Кызылкуме обнаружены довольно значительные скопления молибдена, а на отдельных объектах в Сырдарьинской провинции (Жауткан) – ванадия. В связи с освоением способа подземного выщелачивания сначала в Центрально-Кызылкумской, а затем и в Шу-Сарысуйской провинции в продуктивных сернокислотных растворах при эксплуатации ряда месторождений были установлены повышенные, а в ряде случаев и практически значимые содержания некоторых редких рассеянных элементов – Re, Sc, Y и лантаноидов. Через малое время их существенные концентрации, которые приурочены к урановым залежам, были выявлены в недрах. Кроме того, к тому времени было уже известно, что на выклинивании зон пластового окисления накапливаются и другие элементы, такие как цинк, кобальт, никель, правда, представляющие лишь минералого-геохимический интерес.

Все это явилось причиной того, что начиная с начала 80-х гг. поисково-оценочные работы на пластово-инфильтрационных месторождениях стали производиться с учетом возможности выявления ряда сопутствующих урану

элементов, представляющих промышленный интерес. На месторождении Акдала комплекс опробовательских и лабораторно-аналитических работ был ориентирован на выявление и оценку в связи с урановым оруденением скоплений рения, скандия, лантаноидов, иттрия, селена и других возможных попутных компонентов. В результате проведенных работ было установлено, что урановые руды месторождения содержат повышенные концентрации рения, представляющие вероятный промышленный интерес при отработке месторождения серноокислотным методом. Возможность рентабельного извлечения других компонентов руд - скандия, лантаноидов и иттрия – может быть определена в ходе эксплуатации месторождения.

5.2.1 Рудоконтролирующая эпигенетическая зональность на границах ЗПО.

Прежде чем перейти к характеристике основных компонентов руд, коротко рассмотрим условия их локализации. Они определяются, прежде всего, положением в ряду рудоконтролирующей эпигенетической зональности, формирующейся в области восстановительного геохимического барьера на границах зоны пластового окисления. Визуально, макроскопически наблюдаемая зональность на границе ЗПО обычно устанавливается и прослеживается по изменению форм железа. Такой обобщенный ряд, генерируемый одним элементарным "языком" окисления на месторождении Мынкудук иллюстрируется рисунком 5.1 (верхняя часть). В жалпакском горизонте, где зона пластового окисления развивается нередко сразу с трех сторон (по латерали, сверху и снизу), выделить такой идеальный ряд довольно трудно, однако он достаточно наглядно отражает геохимическую сущность эпигенетических процессов, протекающих и в этом горизонте.

В этом ряду особенности формирующихся зон в значительной степени определяются основными чертами «нулевой» - зоны эпигенетически неизмененных пород, в частности валовым содержанием в ней железа, диагенетических сульфидов, органического углерода. В направлении от «нулевой» к зоне пластового окисления выделяется зона 1 – восстановления,

выраженная эпигенетическим накоплением двухвалентного сульфидного железа и сульфидов (прежде всего пирита), количество которых наибольшее вблизи границы с ЗПО и постепенно снижается в направлении к неизмененным породам – в соответствии с уменьшением в этом направлении сульфидного железа – от 0,1 до 0,02%. В этом же направлении уменьшается и величина отношения Fe^{2+} к Fe^{3+} . Накопление эпигенетических сульфидов объясняется процессами сульфат-редукции, протекающими в пластовых водах в зоне восстановления.

Далее следует зона 2 – окисления или пластовой лимонитизации. В ее передовой части довольно обычной является подзона гидроокисного ожелезнения (2а), выраженная наиболее высокими содержаниями валового железа (в среднем 1,5%) и представляющая в вертикальном разрезе прерывистую полосу шириной от долей метра до нескольких метров, возможно, до 10 метров и более. Она обладает пятнистой или сравнительно равномерной окраской желто-бурого цвета. По минералогии в ней преобладают гидрооксиды железа. Они обволакивают обломочные зерна и накапливаются в рыхлом поровом заполнителе песков (гетит, гидрогетит, редко гематит, ферроселит). Граница между лимонитизированными породами и зоной восстановления, как правило, резкая. Наблюдающаяся между ними на месторождениях других районов подзона частичного окисления на месторождениях Мынкудук и Акдала практически не проявлена.

Подзона гидроокисного ожелезнения (2а) сравнительно постепенно сменяется подзоной неполного окисления (2б), в ее пределах развиты более редкие гнездообразные выделения гидрооксидов железа, главным образом гидрогетита. В этой подзоне отмечаются остаточные, как правило, слабые ореолы не только урана, но и других рудных элементов (Co, Ni, Cu, Mo, Zn, Mn). Подзона неполного окисления, без видимой границы, переходит в подзону полного окисления (2в), характеризуется белесым облаком и крайне низким содержанием валового железа (0,1-0,2%).

Таким образом, в формировании окислительно-восстановительной зональности, с выпадением в зоне восстановительного барьера (для разных элементов положение последнего различное), участвуют поливалентные элементы: U, Se, Re, V, Mo и некоторые другие, которые высаживаются в результате восстановления – смены высокой валентности на более низкую. Часть элементов, преимущественно халькофильных (Zn, Pb, Ca) и сидерофильных (Co, Ni) осаждаются в ассоциации с дисульфидами железа или в виде самостоятельных сульфидных минералов.

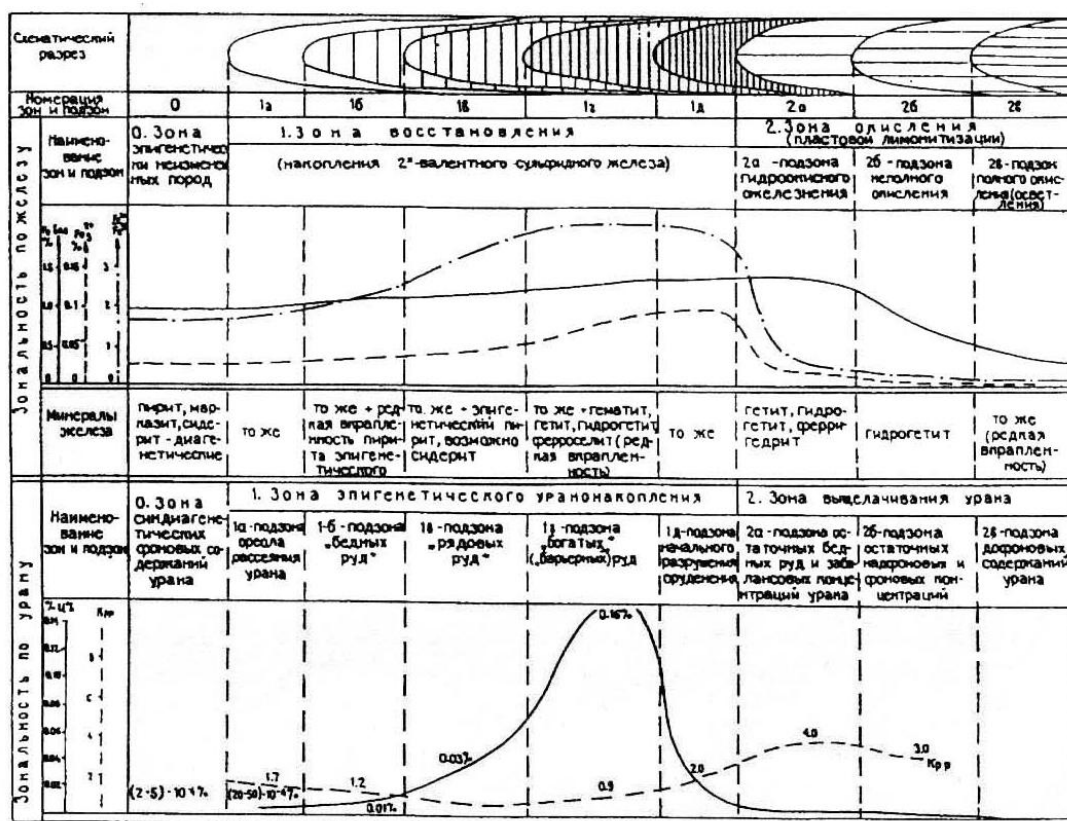
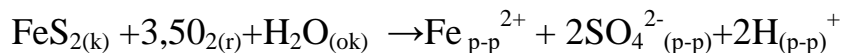


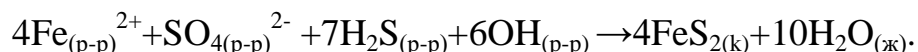
Рисунок 5.1 – Обобщенный профиль эпигенетической рудоконтролирующей окислительно-восстановительной зональности

Наконец, выделяется еще одна группа элементов: скандий, иттрий и редкоземельные, которые осаждаются в определенных зонах щелочно-кислотной зональности. Эта зональность сопряжена с окислительно-восстановительной. Она образуется в породах, относительно обогащенных дисульфидами железа (пиритом) и выражается в смене кислотной волны на переднем фронте продвижения зоны лимонитизации щелочной волной,

следующей в более тыловой части этой зоны. Установлено, что эффект подкисления имеет место в породах, содержащих в заметных количествах пирит. Эффект подкисления приводит к неполному выносу железа из передовой части ЗПО (подзоны гидроокисного ожелезнения):



С этим эффектом, в частности, связано некоторое осветление пород и накопление дисульфидов железа в сопредельной урановорудной зоне – сульфатредукции:



В области подкисления среды pH снижается с 7,5 до 7-6,5, а затем вновь достигает первоначальных значений. Зона этого перехода представляет собой, так называемый, «нейтрализационный барьер», на котором проходит осаждение ряда элементов, таких как скандий, иттрий и редкие земли.

Далее рассматриваются закономерности распределения в эпигенетической окислительно-восстановительной и щелочно-кислотной зональностях, а также минералогическая характеристика урана и сопутствующих компонентов.

5.2.2 Уран.

Рисунок 5.1 (нижняя часть) иллюстрирует зональный ряд по главному компоненту руд – урану, сопряженный с рассмотренным зональным рядом по железу.

Зоне «нулевой» – эпигенетически неизмененных пород соответствует зона синдиагенетических фоновых (кларковых) содержаний урана, которая в направлении пластово-окислительных пород постепенно сменяется зоной 1 – эпигенетического уранонакопления, соответствующей зоне накопления двухвалентного сульфидного железа. Зона 1, в основном по данным опробования без визуально наблюдаемых границ, разделяется на ряд подзон.

Самая передовая, внешняя, представлена подзоной 1a – ореолом рассеяния урана с надфоновыми (в среднем около 0,005%) содержаниями. Ширина ореола достоверно не определена, но, по-видимому, достигает и

превышает сотни метров. Следующие подзоны относятся непосредственно к уранорудным залежам. В головной части рудных роллов выделяется подзона «бедных руд» (1б) со средним содержанием урана 0,01-0,02%. Визуально она не отличается от зоны неизмененных пород и ореола рассеяния. Минеральные формы урана в ее пределах не установлены. В подзоне 1а и 1б радиоактивное равновесие между радием и ураном обычно смещено в сторону избытка первого. Далее следует подзона «рядовых руд» (1в) обычно с содержаниями урана, приближающимися к средним по рудным залежам. Макроскопически она, как правило, также не выделяется. Вблизи границы с зоной окисления располагается подзона «богатых, или барьерных» руд, для которой характерны максимальные (достигающие десятых долей % и целых) концентрации металла. В этой подзоне породы, по сравнению с другими подзонами нередко, за счет урановых минералов и более высоких содержаний $C_{орг}$, окрашены в более темные тона. Непосредственно к границе рудных сероцветных пород с пластово-окисленными нередко приурочена подзона «начального разрушения руд» (1д), в которой минералы железа еще не окислены, а уран и углефицированное органическое вещество частично или полностью выщелочены, вследствие чего в породах сероцветного и особенно темноцветного геохимических типов ей иногда присущ осветленный белесый облик. Если в подзонах «рядовых» и «богатых» руд радиоактивное равновесие между радием и ураном в основном смещено в сторону избытка второго, то в подзоне 1д отмечается довольно резкое преобладание радия над эквивалентным ураном, что объясняется растворением и выносом урана в соседние рудные подзоны.

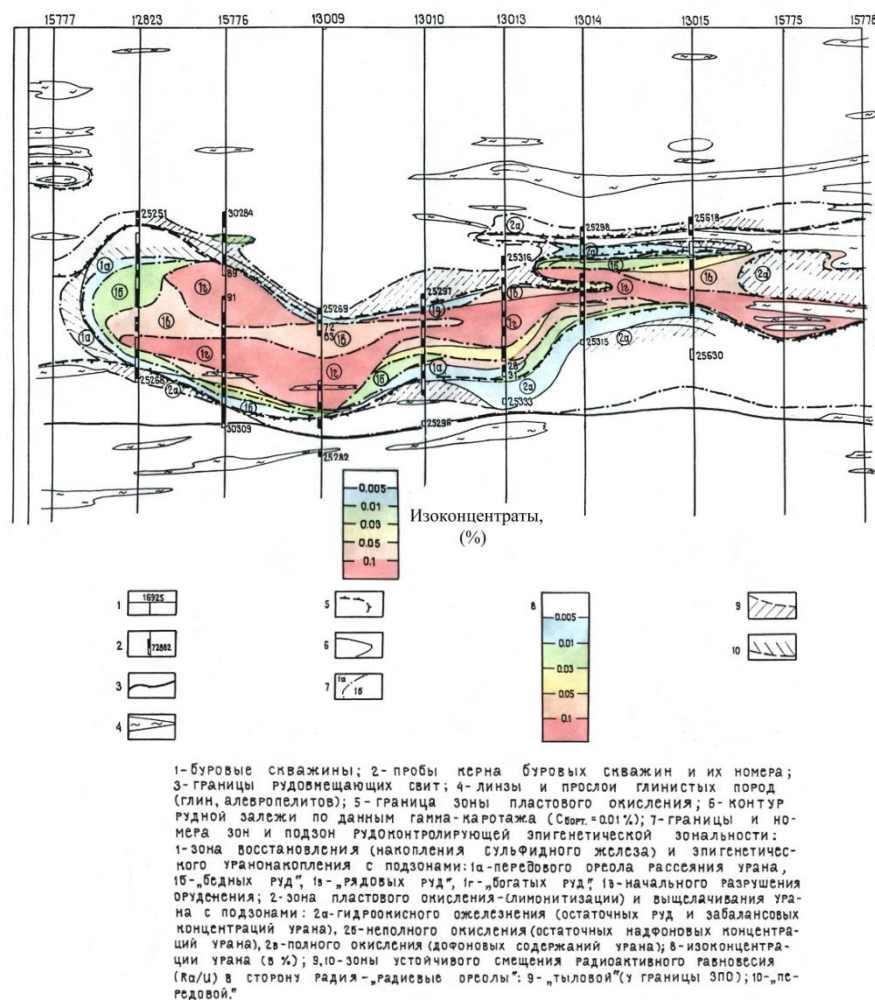
Подзоне гидрооксидного ожелезнения в зональном ряду урана отвечает подзона остаточных бедных руд и забалансовых концентраций урана (2а) с максимально высокими (до 4-7) значениями $K_{рр}$, вследствие чего эта подзона (часто вместе с соседней 2б) может рассматриваться в качестве «остаточного радиевого ореола». Подзоне неполного окисления в ряду по железу в урановом зональном ряду соответствует "подзона остаточных надфоновых и фоновых

концентраций урана", обычно лишь незначительно (в 2-2,5 раза) превышающих его первичные содержания в эпигенетически не окисленных породах. Наконец, подзоне полного окисления (2в) в ряду урана отвечает подзона «дофоновых остаточных содержаний урана», в два и более раза меньших по сравнению с содержанием в неизмененных породах. В целом же «зона пластовой лимонитизации» однозначно представляет собой зону выщелачивания урана, что особенно важно для понимания генезиса пластово-инфильтрационных месторождений. Приведенный зональный ряд находит свое выражение в развитии и эпигенетических преобразованиях урановых и сопутствующих минералов, что будет рассмотрено ниже.

Следует отметить, что описанные эпигенетические зональные ряды по железу и урану (так же как и по другим компонентам), отвечающие мешковой части моноrolла, в аналогичной форме, но только «в сжатом виде проявлены и в крыльевых морфоэлементах рудных залежей, где выделение рудных подзон затруднительно по причине их малой мощности. Вследствие формирования рудных залежей в жалпакском горизонте месторождения Акдала, которое происходило при одновременном воздействии зоны пластового окисления с двух-трех сторон (по латерали, сверху и снизу), реальное строение эпигенетической урановорудной зональности оруденения в разрезе значительно сложнее, чем показано на рис. 5.1. Это отчетливо видно, в частности на рис.5.2.

Характеристика изменений средних значений породообразующих компонентов урана и некоторых других рудных элементов в ряду эпигенетической зональности приводится в таблице 5.4

При изучении минерального состава уранового оруденения чрезвычайно важное значение имеет определение содержания урана в различных гранулометрических классах руд, в легкой и тяжелой фракциях рудных песков. Эти данные для оруденения в жалпакском горизонте приведены в табл.5.5, которая позволяет установить следующие закономерности:



ПРИМЕЧАНИЕ: ПРИНЯТЫЕ ИЗОКОНЦЕНТРАЦИИ СОПУТСТВУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИВЕДЕНЫ НА СООТВЕТСТВУЮЩИХ РАЗРЕЗАХ.

Рисунок 5.2 – Распределение концентраций урана (пр.484)

1) Содержание урана в рудных песках по мере уменьшения размеров частиц возрастает. А максимальных значений достигает в алевро-глинистом классе ($<0,05$ мм).

Рыхлый алевро-глинистый заполнитель рудных песков накапливает 36-40% всего содержащегося в пробах урана (в среднем 36,4%), а с учетом урана, перешедшего в водную вытяжку, его содержание в классах $<0,05$ мм превышает 60%, причем выход этих классов в рудных песках составляет всего 12-15%.

3) Гравийно-песчаные классы обогащены ураном в целом незначительно и более или менее равномерно. Относительно повышенные его содержания в классах 0,5-0,25 и 0,25-0,1 мм объясняются более значительными объемами этих классов. Более высокое содержание по сравнению с другими песчаными классами (выше в 1,5-2 раза) отмечается лишь в тонкозернистом классе 0,1-0,05 мм.

Таблица 5.4 – Геохимическая характеристика рудоконтролирующей эпигенетической зональности в песчаных отложениях жалпакского горизонта месторождения Акдала

Эпигенетическ ие зоны	Эпигенетические подзоны	Количес тво опред.сл.	Химический анализ, %								РСА. %		K _{pp}	РСА, %	Хим. анал., г/т Re	Нейтронно-активизационный. г/т						Спектральный анализ, 10 ⁻³ %									
			Fe _{вал.}	Fe _{обл.}	Fe _p ²⁺	Fe _p ³⁺	Fe _s ²⁺	$\frac{Fe_p^{2+}+Fe_s^{2+}}{Fe_p^{3+}}$	C _{орг.}	CO ₂	U	Ra				Se	Sc	Yb	Tb	Eu	Ta	Hf	Mo	Pb	Zn	Cu	Co	Ni	As	V	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
"О"-неизме- ненных пород		42	1,04	0,38	0,28	0,31	0,07	1,13	0,04	0,1	<0,001	0,002		<0,001	<0,5	2,9	2,0	0,4	0,6	0,3	3,0	0,3	1,0	2,0	3,0	0,5	2,0	сл.	2,0		
	1а-ореол рассеяния урана	185	1,26	0,30	0,43	0,44	0,09	1,18	0,05	0,1	0,005	0,008	1,5	0,001	<0,5	2,9	2,1	0,4	0,7	0,3	3,0	0,4	2,0	2,0	3,0	0,8	2,0	сл.	2,0		
1- эпигенетическо го уранонакоплен ия	1б - "бедных руд"	111	1,41	0,40	0,39	0,46	0,16	1,20	0,05	0,1	0,024	0,027	1,2	0,001	<0,5	2,7	2,4	0,4	0,7	0,4	3,1	0,5	1,0	3,0	3,0	1,0	2,0	0,0	3,0		
	1в - "рядовых руд"	95	1,49	0,21	0,50	0,50	0,28	1,56	0,07	0,1	0,074	0,056	0,8	0,001	0,8	2,8	2,5	0,4	0,7	0,4	2,9	0,5	2,0	3,0	3,0	0,9	2,0	1,0	2,0		
	1г - "богатых руд"	132	1,86	0,25	0,46	0,58	0,57	1,78	0,08	0,1	0,102	0,090	0,9	0,002	0,6	3,2	2,6	0,5	0,7	0,4	3,2	0,6	2,0	4,0	4,0	1,1	3,0	1,0	3,0		
	Среднее по рудным подзонам (1б,1в,1г)	338	1,61	0,29	0,45	0,52	0,35	1,54	0,07	0,1	0,068	0,060	0,9	0,002	0,5	2,9	2,5	0,4	0,7	0,4	3,1	0,5	2,0	3,0	3,0	1,0	2,0	1,0	3,0		
	2а-"остаточного радиевого ореола (гидроокисл. ожелезнен.)	161	1,99	0,35	0,57	0,98	0,09	0,67	0,05	0,1	0,003	0,013	4,3	0,003	<0,5	2,3	2,1	0,4	0,7	0,3	2,5	0,3	1,0	2,0	3,0	0,9	2,0	сл.	2,0		
	2б-"остаточных надфоновых и фоновых концентраций (неполного окисления).	96	0,96	0,23	0,30	0,40	0,03	0,82	0,04	сл.	0,002	0,001	2,0	0,002	<0,5	3,1	2,0	0,4	0,7	0,3	3,1	0,2	0,0	1,0	2,0	0,6	1,0	0,0	1,0		
	Среднее по ЗПО	257	1,61	0,31	0,47	0,76	0,07	0,71	0,05	0,1	0,003	0,003	3,4	0,002	<0,5	2,6	2,1	0,4	0,7	0,3	2,7	0,3	1,0	2,0	3,0	0,8	2,0	сл.	2,0		

Таблица 5.5 - Распределение урана по гранулометрическим классам сборных рудных проб жалпакского горизонта

Профиль	Классы, мм	Выход класса, %	Содержание урана		Баланс содержания урана по классам, %
			%	грамм	
1	2	3	4	5	6
436, 448	>2	6,17	0,0471	0,002906	4,26
452, 484	2-1	7,04	0,0333	0,002344	3,43
	1-0,5	14,59	0,0177	0,002582	3,78
	0,5-0,25	36,24	0,0221	0,008009	11,78
	0,25-0,1:				
	л.фракция	19,59	0,0328	0,006426	9,41
	т.фракция	0,16	0,1824	0,000292	0,43
	0,1-0,05	4,66	0,0858	0,003998	5,85
	<0,05 (алевр.-гл.))	11,55	0,2124	0,024532	35,93
	Водная вытяжка (1л)			0,017195	25,18
	Сумма	100	0,0703	0,068284	100
688-1	>2	6,49	0,0254	0,001648	5,19
	2-1	7,46	0,0153	0,001141	3,59
	1-0,5	7,94	0,0093	0,000738	2,33
	0,5-0,25	43,28	0,0085	0,003679	11,59
	0,25-0,1:				
	л.фракция	46,10	0,0137	0,002206	6,95
	0,1-0,05	4,46	0,0312	0,001392	4,39
	<0,05 (алевр.-глин)	14,15	0,0907	0,012834	40,43
	Водная вытяжка (1л)			0,008000	25,20
	Сумма	100	0,0305	0,031742	100
Среднее по горизонту	>2	6,23	0,0426	0,002654	4,35
	2-1	7,13	0,0295	0,002103	3,45
	1-0,5	13,26	0,0167	0,002214	3,63
	0,5-0,25	37,65	0,0190	0,07154	11,73
	0,25-0,1:				
	л.фракция	18,89	0,0296	0,005591	9,16
	т.фракция	0,15	0,1693	0,000254	0,42
	0,1-0,05	4,62	0,0753	0,003479	5,70
	<0,05 (алевр.-глин)	12,07	0,1839	0,022197	36,39
	Водная вытяжка (1л)			0,015356	25,17
	Сумма	100		0,061002	100

4) Тяжелая фракция класса 0,25-0,1мм характеризуется приблизительно пятикратным увеличением концентрации урана по сравнению с легкой фракцией этого класса и другими песчаными классами, однако низкий выход этой фракции делает ее роль как концентратора урана несущественной

5) Пресная питьевая вода, которой производилось отмучивание образцов, растворяет в течение двух-трех суток от 10 до 50% (в среднем 25%) урана, содержащегося в руде.

Оруденение на месторождении Акдала имеет тонковкрапленную и дисперсную текстуру, это установлено оптическими исследованиями. Структура богатых руд – цементная, рядовых – интерстициальная, в которых рудный материал заполняет поры между песчано-алевритовыми зернами. На локальных участках образования псевдоморфоз урановых минералов по растительным обугленным остаткам наблюдается псевдоморфно-фюзеновая микроструктура.

Большая часть урана в рудах находится в дисперсной легко извлекаемой форме, рассеянной в рыхлом проницаемом поровом заполнителе песков в виде микроскоплений самостоятельных минералов.

Урановые минералы, нередко с тонкокристаллическим пиритом, образуют тончайшие «присыпки» на обломочных зернах и более плотные корочки на агрегатах зерен пирита. В некоторых случаях они выполняют даже роль цемента. Незначительная часть урана концентрируется в углефицированном растительном веществе, где урановые минералы образуют невидимую дисперсную вкрапленность, а в богатых участках руд – полные псевдоморфозы (фитоморфозы) по фрагментам растительной ткани. При этом чаще замещена урановыми минералами пиритизированная органика, но имеются случаи полного замещения урановыми минералами и ее бессульфидных разновидностей. В рудах жалпакского горизонта гелифицированная растительная органика практически во всех случаях является активным концентратором урановых минералов в отличие от руд мынкудукского горизонта, где она весьма часто не содержит урана.

В редких, не характерных, случаях урановая минерализация проникает в микротрещины пористых обломков кварцевых пород и кислых эффузивов гравийно-галечной размерности в ассоциации с тонкокристаллическим пиритом

Минералогически руды месторождения Акдала являются настуран-коффинитовыми. В общем балансе урановых минералов, рассчитанном по данным рентгенофазового анализа и электронно-микроскопических исследований коффинит, составляющий в рудах 65%, заметно преобладает над настураном (35%) – см. табл. 5.6.

Таблица 5.6 – Баланс урановых минералов в рудах жалпакского горизонта месторождения Акдала

Участок (залежь)	К-во определ.	в том числе			
		коффинит		настуран	
		кол-во	%	кол-во	%
Ближний (залежь 1)	314	202	64	112	36
Летний	44	32	73	12	27
ВСЕГО	358	234	65	124	35

Таким образом минеральный состав урановых руд жалпакского горизонта месторождения Акдала существенно отличается от такового на месторождении Мынкудук, где в главном продуктивном горизонте – мынкудукском в рудах преобладает настуран (76%).

Таблица 5.7 – суммирует сравнительные данные о распределении коффинита и настурана в различных ураноконцентраторах жалпакского горизонта месторождения Акдала.

Таблица 5.7 – Распределение урановых минералов в различных концентраторах урана в жалпакском горизонте (в числителе – количество определений, в знаменателе – весовой %).

Участок	Настуран				Коффинит			
	Всего опред	в том числе			Всего определений	в том числе		
		Алевро-глин.заполнитель	Обугленный детрит	Тяжелая фракция*		Алевро-глин-истый заполнит.	Обугленный детрит	Тяжелая фракция*
Ближний	$\frac{112}{100}$	$\frac{63}{98,9}$	$\frac{31}{0,5}$	$\frac{18}{0,6}$	$\frac{202}{100}$	$\frac{99}{98,7}$	$\frac{89}{1,0}$	$\frac{14}{0,3}$

Летний	<u>12</u> 100	<u>3</u> 96,5	<u>5</u> 2,2	<u>4</u> 1,3	<u>32</u> 100	<u>17</u> 98,9	<u>12</u> 1,0	<u>3</u> 0,1
ИТОГО по горизонту	<u>124</u> 100	<u>66</u> 98,7	<u>36</u> 0,6	<u>22</u> 0,7	<u>234</u> 100	<u>116</u> 98,7	<u>101</u> 1,0	<u>17</u> 0,3

Примечание: * - тяжелая фракция выделена из класса 0,25-0,1 мм.

Из таблицы следует, что настуран существенно доминирует в алевро-глинистом заполнителе песчаных руд, тогда как коффинит обнаружен в близких долях в алевро-глинистом заполнителе и в обугленных остатках органики.

Значительный интерес представляет также распределение урановых минералов по морфоэлементам рудных залежей (табл. 5.8).

Таблица 5.8 – Распределение урановых минералов в различных частях рудных залежей в жалпакском горизонте месторождения Акдала.

Морфоэлементы рудной залежи	Общее число определений	В том числе				
		Коффинит		Настуран		
		к-во	%	к-во	%	Аср, а
Передовая часть ролла	5	3	60	2	40	5,36-5,37
Центральная часть ролла	12	8	67	4	33	5,37-5,39
Тыловая часть ролла	284	186	65	98	35	5,37-5,41
Крылья и останцы	57	37	65	20	35	5,37-5,42

Таким образом, подавляющая часть урановых минералов (преобладает коффинит) установлена в пробах, отобранных в тыловой части «мешка» ролла – в подзоне «богатых», или «барьерных» руд, или «обогащения». В то же время выборочной приуроченности коффинита или настурана к определенным элементам рудного ролла не наблюдается (см.% распределения).

Коффинит и настуран макроскопически и под оптическим микроскопом между собой практически не различимы. Отчасти это обусловлено тем, что оба минерала очень часто встречаются совместно, образуя тесные микросрастания своих кристаллов.

Визуально настуран и коффинит представляют собой черные, мягкие, сажистые минералы. Эти минералы образуют дисперсную вкрапленность в

рыхлом проницаемом цементе песков, корочки на поверхности терригенных зерен, мономинеральные обособления в микротрещинах и порах последних. Очень редко они образуют гнезда с базальным цементом, полностью замещая обугленный растительный детрит и развиваясь по зернам акцессорных лейкоксенов.

На электронно-микроскопическом уровне увеличений микрокристаллы настурана имеют глобулярную форму, их размеры колеблются от 0,1 до 1-3 микрон. Коффиниту свойственны веретеновидная, реже бочковидная, иногда близкая к шаровидной формы кристаллов (в последнем случае настуран и коффинит морфологически не различимы).

Оба урановых минерала высаживаются между пластинками глинистых минералов, на поверхности и в микротрещинах обломочных зерен, на гранях кристаллов диагенетического и эпигенетического пирита, в обугленной растительной органике и в пористых зернах лейкоксенов.

В ходе исследования коффинита выяснилось, что он характеризуется определенными различиями в морфологии микрокристаллов в рудах мынкудукского и жалпакского горизонтов. Установлено, что в мынкудукском горизонте (на месторождении Мынкудук) микрокристаллам коффинита свойственны веретенообразные, более вытянутые и относительно остроконечные формы по сравнению с его микровыделениями в рудах жалпакского горизонта месторождения Акдала, где преобладают тупые округлые окончания индивидов, желудевидные, бочковидные формы, часто приближающиеся по внешнему облику к глобулям настурана. При рентгено-структурных исследованиях это различие выражается в раздвоенности линий на дебаеграммах жалпакского бочковидного коффинита в отличие от четких линий дебаеграмм мынкудукского коффинита.

В результате детальных исследований вещественного состава руд на месторождении Мынкудук (Л.С.Петрова, А.Д.Дара, П.Е.Чистилин) впервые для пластово-инфильтрационных урановых месторождений была выявлена и

изучена эпигенетическая минералогическая зональность, которая соответствует урановорудному зональному ряду, представленному на рисунке 5.1.

Зоне эпигенетического накопления урана отвечает зона эпигенетического минералообразования, которая разделяется на пять подзон (табл. 5.9). Границы между ними, за исключением одной (с зоной лимонитизации), визуально не выделяются, устанавливаются только по данным опробования и детального изучения литологии и минерального состава руд. Подзоне ореола рассеяния урана (1а) соответствует подзона сорбционных неминеральных форм, в пределах которой предполагается начальное образование твердой фазы коллоидных растворов в микро- и мезопорах породы. Подзоне «бедных руд» (1б) отвечает подзона начального минералообразования с накоплением твердой дисперсной фазы в порах глинисто-алевритового заполнителя песков и начальной стадии сегрегации рудного вещества.

В этой подзоне преобладают мелкие (0,001-0,3 мк) и разрозненные микролиты настурана и коффинита. Настуран – с минимальными параметрами кристаллической решетки ($a_{\text{ср}} < 5,36\text{\AA}$). Подзона «рядовых руд» (1в) минералогически определяется как подзона накопления урановой минерализации, где помимо развития минералов в глинисто-алевритовом заполнителе, отмечается их проникновение в углистый детрит и высаживание на поверхности обломочных зерен. Микролиты и глобулы урановых минералов здесь крупнее (0,001-1,0 мк), а кристаллическое строение оксида урана более совершенное ($a_{\text{ср}}=5,36-5,39\text{\AA}$). Подзоне «богатых», или «барьерных» руд (1г) в минералогическом ряду соответствует подзона обогащения, где наблюдается уже замещение урановыми минералами глинисто-алевритового заполнителя, углистого детрита, зерен лейкоксенов. Настуран и коффинит образуют гнездово-вкрапленные скопления с размером отдельных глобул до 10,0 мк. Кристаллическое строение минералов достигает здесь максимального совершенства: глобулы настурана начинают приобретать плоские грани куба ($a_{\text{ср}}$ до 5,41-5,43 \AA), а кристаллиты коффинита образуют формы, близкие к тетрагональным пирамидам. Минеральные формы сегрегируются в

относительно крупные колломорфные выделения – глобулиты, образующие плотные мономинеральные корочки. Они обладают отчетливо колломорфным, глобулярным или почечным строением поверхности. В разрезе «почки» имеют концентрически-зональную и радиально-лучистую структуру с плотным массивным ядром. Наряду с конструктивными процессами совершенствования кристаллической структуры урановых минералов в подзоне обогащения отчетливо проявлены противоположные процессы их разрушения и деструкции, связанные с приграничным по отношению к ЗПО положением подзоны 1г. Под электронным микроскопом они выражаются в появлении реплик с большим количеством рыхлого извлеченного материала, аномально уплощенных глобулей настурана с зазубренными «амебовидными» очертаниями и исчерченной микротрещинами поверхностью. Характерные для месторождения Акдала процессы минералоразрушения в рудах ярче всего проявились именно в подзоне 1д. Глобули и глобулиты настурана здесь теряют свой сферический облик, уплощаясь и приобретая формы дисков, их геометрические контуры становятся расплывчатыми, нечеткими, а поверхность – пористой, кавернозной, с нитевидной трещиноватостью, внутреннее строение индивидов становится рыхлым, появляется скелетная микроструктура и происходит диспергация выделений до состояния отдельных микрокристаллов. На реплики извлекаются целые корки разрыхленного, потерявшего свою монолитность вещества. Одновременно на отдельных снимках наблюдается множество свежих мелких микроглобулей, являющихся, по-видимому, новообразованиями из локально пересыщенных растворов вокруг растворяющихся агрегатов урановых минералов.

Процессы разрушения и деструкции урановых минералов еще более интенсивно (вплоть до полного их растворения) проявлены в подзоне 1д, не совсем правильно именуемой подзоной начального разрушения. Для нее не характерны кондиционные содержания урана вследствие частичного или почти полного выноса урана в соседние подзоны рудного ролла, по этой причине радиоактивное равновесие между радием и ураном здесь обычно сильно

смещено в сторону избытка первого, образующего «остаточные» концентрации. Сведения об изучении минерализации вследствие ее скудности в подзоне 1а весьма ограничены. Максимальные скопления эпигенетических сульфидов (пирит, сфалерит), свойственны зоне обогащения. Нередко столь же обильны они и в подзоне 1г, где присутствуют совместно с самородным селеном, радиобаритом, радийсодержащими лейкоксенами, а также со спорадически развитыми гидроксидами железа.

Зона пластового окисления минералогически представляет собой зону растворения и выщелачивания урановой минерализации. При этом радиоактивная подзона гидрооксидного окисления (подзона 2а) рассматривается как подзона реликтовых минеральных и сорбционных форм. Наряду с возможными реликтовыми выделениями коффинита и настурана в микротрещинах обломочных зерен для этой подзоны характерны сорбция урана гетитом и гидрогетитом и концентрирование в радиобарите и лейкоксенах, постоянное присутствие самородного селена. Подзоне 2б – неполного окисления, или «остаточных надфоновых и фоновых концентраций урана» соответствует подзона спорадических реликтовых сорбционных форм в гидрооксидах железа, слюдисто-глинистых минералах, лейкоксенах. Наконец, подзоне 2в – полного окисления, или «дофоновых содержаний урана» минералогически отвечает подзона полного растворения и выщелачивания минералов.

Таблица 5.9 - Минералогическая эпигенетическая зональность на выклинивании зон пластового окисления на месторождении Мынкудук

Минералогическая зональность (уран)	Наименование зон и подзон	О. Зона эпигенетически не окисленных пород	1. Зона эпигенетического минералообразования					2. Зона растворения и выщелачивания урановой минерализации		
			1а– Подзона сорбционных неминеральных форм	1б– Подзона начального минералообразования	1в– Подзона накопления урановой минерализации	1г– Подзона обогащения	1д– Подзона начального разрушения	2а– Подзона реликтовых минеральных и сорбционных форм	2б– Подзона спорадических сорбционных форм концентраций	2в – Подзона полного растворения и выщелачивания минералов
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Минералы урана, параметры кристаллической структуры	-	-	настуран – а _{ср.} <5,36Å, коффинит	настуран а _{ср.} =5,36-5,39Å, коффинит	настуран а _{ср.} =5,36-5,39Å, коффинит	настуран? (параметры не определены) коффинит?	Остаточные минералы (не определены) в не-полностью окисленных участках пород	-	-
	Текстура урановых руд	-	-	Крайне дисперсная	Дисперсная, дисперсно-вкрапленная	Вкрапленная гнездово-вкрапленная	Дисперсная, вкрапленная	?	-	-
	Размеры минеральных выделений (в микронах)	-	<0,001	0,001-0,3 (микролиты)	0,001-1,0 (микролиты, глобулы)	0,001-1,0 (микролиты, глобулы)	?	?	-	-

Продолжение таблицы 5.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Концентраторы урана, способ концентрации	-	Начальное образование твердой фазы коллоидного раствора в микро и мезопорах породы	Сегрегация и накопление твердой дисперсной фазы в поровом пространстве глинисто-алевритового заполнителя	То же и замещение глинисто-алевритового заполнителя, углистого детрита, лейкоксенов.	Растворение и вынос минералов; реликты настурана, коффинита.	Растворение, вынос, частично сорбция гидроокислами железа и слюдисто-глинистыми минералами, реликты настурана и коффинита в обломках пород.	Спорадические реликтовые сорбционные формы в гидроокислах железа, слюдисто-глинистых минералах, лейкоксенах.	-	
	Сопутствующие эпигенетические минералы.	-	Пирит?	Пирит	Пирит, сфалерит, сидерит	Пирит, сфалерит, селен самородный, ферроселит, радийсодержащие лейкоксены, кальцит, сидерит.	Пирит, селен самородный, радиобарит, радийсодержащие лейкоксены, гетит, гидрогетит.	Гетит, гидрогетит, ферригедрит, радиобарит, селен самородный, радийсодержащие лейкоксены, пиrolюзит.	Гидрогетит, гетит, пиrolюзит.	-

Эпигенетическая минералогическая зональность представляет собой латерально ориентированный, сформированный под воздействием пластовых кислородсодержащих вод, ряд закономерных минеральных превращений, которые характеризуют собой одновременное развитие двух сопряженных, диаметрально противоположных процессов: 1) наращивания, старения и совершенствования кристаллической структуры эпигенетических урановых и сопутствующих минералов; 2) разрушения (растворения) и деструкции накопленной минерализации. В различных зонах приведенного ряда отмечается преимущественное развитие либо первого, либо второго процесса. Так, совершенно очевидно, что в рудах жалпакского горизонта на месторождении Акдала явно доминирует процесс растворения – разрушения урановой минерализации над осаждением рудного вещества. Их интенсивность и скорость минералообразования зависит от гидродинамической активности инфильтрационных потоков пластовых вод. Такая направленность избирательных рудных процессов приводит к довольно интенсивному изменению существующих морфологических форм оруденения - потере ролловой конфигурации и образованию останцовых залежей. В конечном итоге происходит искажение и уничтожение зональности рудных тел. Теоретически вероятны и наблюдаются на практике обстановки, где описанная эпигенетическая зональность полностью нивелируется и ее дальнейшее развитие прекращается в результате заторможения или прекращения деятельности инфильтрационных потоков и формирования в рудовмещающем горизонте восстановительной среды.

6 Распределение урана и радия в рудной залежи № 6 месторождения Акдала на основе построения компьютерной модели

Радиологические условия месторождения

Под радиологическими условиями принято понимать совокупность сведений, характеризующих природу радиоактивности руды и закономерности распределения радиоактивных элементов и их содержаний в объёме рудовмещающих отложений месторождения.

Интерпретируя и анализируя сведения, содержащиеся в данных гамма-каротажа, мы сталкиваемся с тем фактом, что в них нужно внести определенные поправки. Главную роль из которых играет поправка, определяемая радиологическими условиями и особенностями пластово-инфильтрационных месторождений урана. Это поправка на сдвиг радиоактивного равновесия между элементами ураново-радиевого ряда. [33]

В процессе интерпретации гамма-каротажных данных возникает необходимость введения в них серии поправок, ключевое место из которых занимает поправка, определяемая радиологическими условиями и особенностями пластово-инфильтрационных месторождений урана. Это поправка на сдвиг радиоактивного равновесия между элементами ураново-радиевого ряда. Важность и значимость этой поправки определяется не столько её величиной (по абсолютной величине она, хотя и достаточно велика, но, в среднем, соизмерима с поправкой на влажность), а тем, что методика и техника интерпретации гамма-каротажных данных. Суть состоит в том, что именно техника и методика введения вышеуказанной поправки определяют характер интерпретации гамма-каротажных данных. [26]

Радиоактивное равновесие между ураном и радием

Радиоактивное равновесие между ураном и радием вычисляется посредством коэффициента радиоактивного равновесия.

Формула для его определения:

$$K_{pp} = q_{Ra} / q_U, \quad (1)$$

где q_{Ra} и q_U – массовые доли радия в единицах равновесного урана ($1 \text{ г } U = 3,4 \times 10^{-7} \text{ г } Ra$) и урана. Соответственно. Если коэффициент радиоактивного равновесия равен 1,0 – речь идет о так называемых равновесных рудах. Изменение значения K_{pp} в пользу большего или меньшего от единицы свидетельствует о наличии сдвига радиоактивного равновесия в сторону урана или радия, соответственно.

По результатам анализа проб на U и Ra выявлено, что радиоактивное равновесие на месторождении нарушено. Также по секционным пробам наблюдается колебание радиоактивного равновесия в достаточно широких пределах – от 0,25 до 2,0 и более. Характер распределения радиоактивного равновесия на плане и разрезах свидетельствует о том, что месторождение Акдала представляет собой типичный объект пластовой окислительной зональности; отмечается наличие высокой степени сходства и идентичности его с другими месторождениями Шу-Сарысуйской урановорудной провинции, однако у данного месторождения имеется ряд специфических черт и особенностей, которые будут раскрыты далее.

Обусловленная в первую очередь рудообразующими геохимическими процессами и спецификой строения морфологических элементов рудных тел общность радиологической обстановки, которую можно наблюдать почти на всех пластово-инфильтрационных месторождениях урана, если говорить о месторождении Акдала, проявляется здесь общими для всех пластово-инфильтрационных месторождений урана следующими чертами:

1) смещение радиоактивного равновесия в сторону U со средним значением по всем рудным интервалам, в целом, близким к 0,88 с колебаниями средних значений по отдельным залежам, морфологическим элементам рудных залежей от 0,77 до 0,98.

2) различия в средних значениях коэффициента радиоактивного равновесия для различных литологических типов пород отсутствуют, также,

как и явно выраженная, надежная корреляционная связь между средними по рудному интервалу значениями K_{pp} и концентрациями в них U и Ra;

3) наличие зональности в распределении коэффициента радиоактивного равновесия в крест рудных тел (зона внешних радиевых оторочек, зона урановых руд, зона внутренних радиевых ореолов);

4) заметно выражена зависимость K_{pp} от мощности рудных тел;

5) наблюдается смещение радиоактивного равновесия между радием и обладающего техногенной природой радоном.

Именно вышеуказанные признаки, характерные для всех пластово-инфильтрационных месторождений, принимались во внимание при изучении радиологической обстановки на месторождении Акдала.

Ранее уже было сказано о том, что в распределении K_{pp} в крест рудных залежей отмечается обусловленная ролловым характером рудных тел достаточно отчетливо выраженная зональность. Она представлена тремя зонами. Это зона внешнего радиевого ореола (внешняя радиевая оторочка), зона урановых руд и зона остаточного (внутреннего) радиевого ореола.

Радиевые оторочки. Эта зона диффузионного радиевого ореола, представленная в виде узкой полосы (оторочки), окаймляющая рудные тела («мешки», «крылья») со стороны неокисленных, пород, примыкая к рудным телам, как со стороны кровли, так и со стороны подошвы. В теории под радиевыми оторочками (радиевыми ореолами) понимаются рудные интервалы, имеющие содержание урана ниже бортового (0.01%), при этом содержание в них радия равно или более 0.01% экв. урана. Считается, что формирование этих ореолов происходит благодаря диффузионному перераспределению U и Ra в рудных телах. Средняя мощность радиевых оторочек обычно равна 0,2 – 0,5 м, редко достигая 1,0 м. Содержание U и Ra в них 0,007– 0,009 % и 0,010–0,013%, соответственно.

Зона урановых руд. Радиоактивное равновесие в этой зоне, как уже отмечалось, в основном, смещено в сторону урана. Минимальное его

значение, как правило, в центральной части пласта. В сторону границ рудных тел $K_{рр}$ постепенно увеличивается, часто превышая 1,0.

Зона остаточных радиевых ореолов. Эта зона примыкает к зоне урановых руд со стороны окисленных пород. Их мощность варьируется широко – от 0,5-0,6 м на крыльевых частях ролла, до 5-6 м в области предмешковых частей. Не более 0,003–0,005 % составляет в основном содержание урана в данной зоне; что касается радия, то показатель может достигать значения 0,03% и более, колеблясь в довольно широких пределах.

Подводя итог, исходя из вышеизложенного:

1. Установлена характерная для пластово-инфильтрационных месторождений зональность в распределении $K_{рр}$ в крест простирания рудных тел. Зональность эта проявляется в виде внешних радиевых оторочек, внутренних (остаточных) радиевых ореолов, зоны урановых руд. Аномально высокие значения $K_{рр}$ в зоне урановых руд составляют отличительную особенность радиологии месторождения Акдала. При этом данные значения в известной степени нивелируют для этой зоны более мелкие градации (подзоны) зональности коэффициента радиоактивного равновесия. Мы можем наблюдать особенно явно особенности радиологии на разрезах $K_{рр}$ по линии пр. №№ 440, 456, 458 и 752 (рис.6.1-6.4).

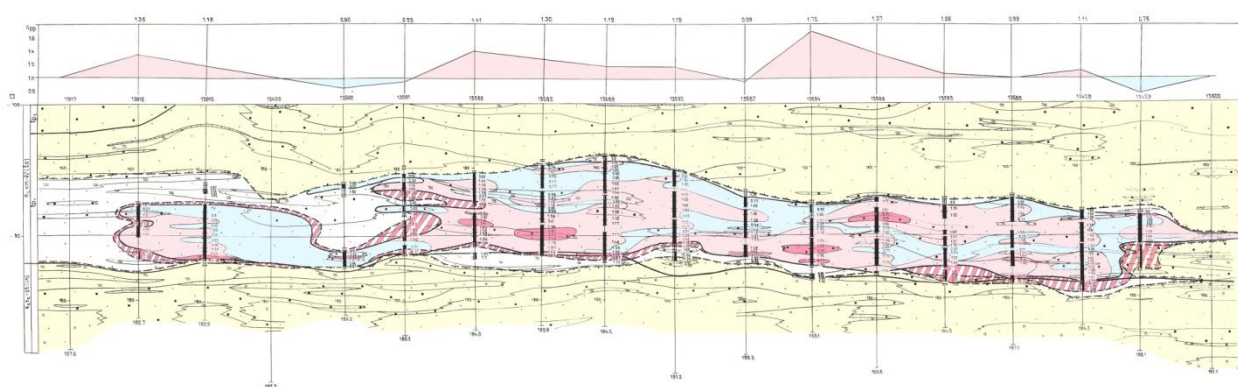


Рисунок 6.1 – Распределение $K_{рр}$ в разрезе по линии профиля 458

Наиболее четко внешние радиевые ореолы (оторочки) практически по всем скважинам просматриваются по пр.440, в подошве рудного тела по

пр.458. Остаточные радиевые ореолы отчетливо наблюдаемы на пр.752 (скв.11168), пр.440 (скв. 13036, 13040), пр.458 (скв. 13429).

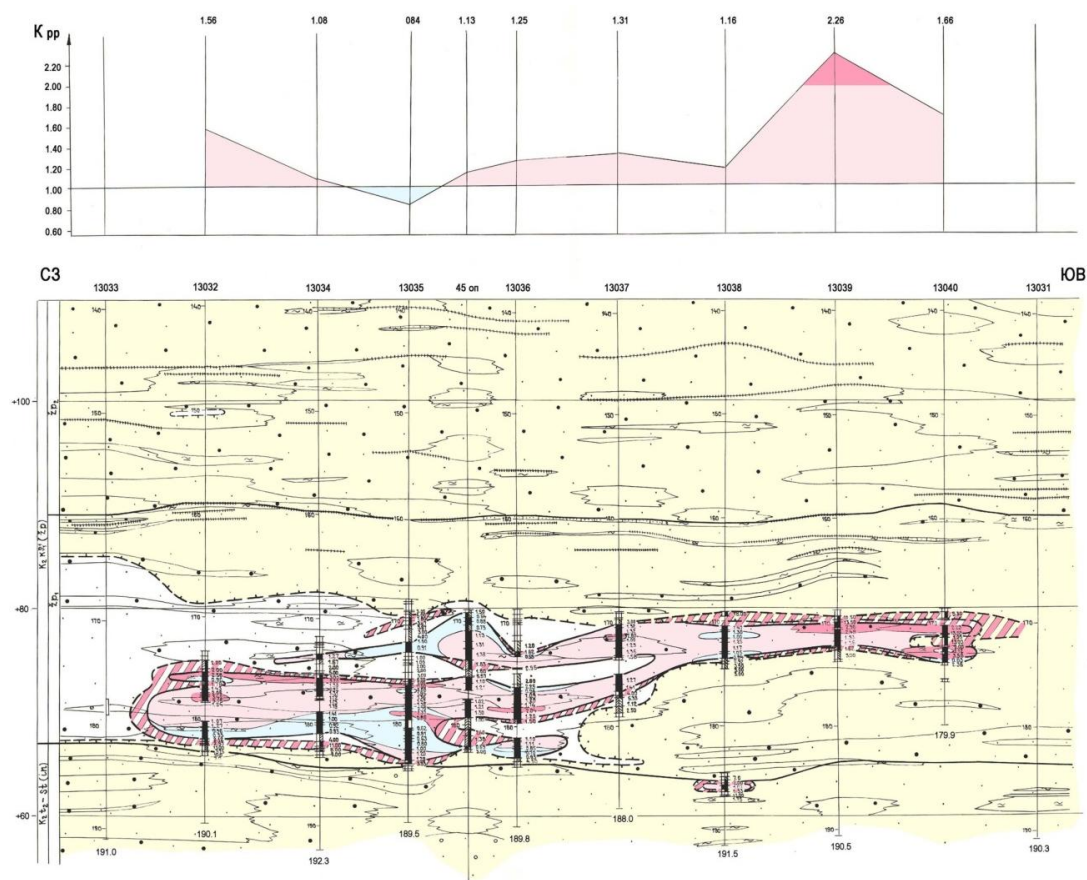


Рисунок 6.2 – Распределение K_{rr} в разрезе по линии профиля 440

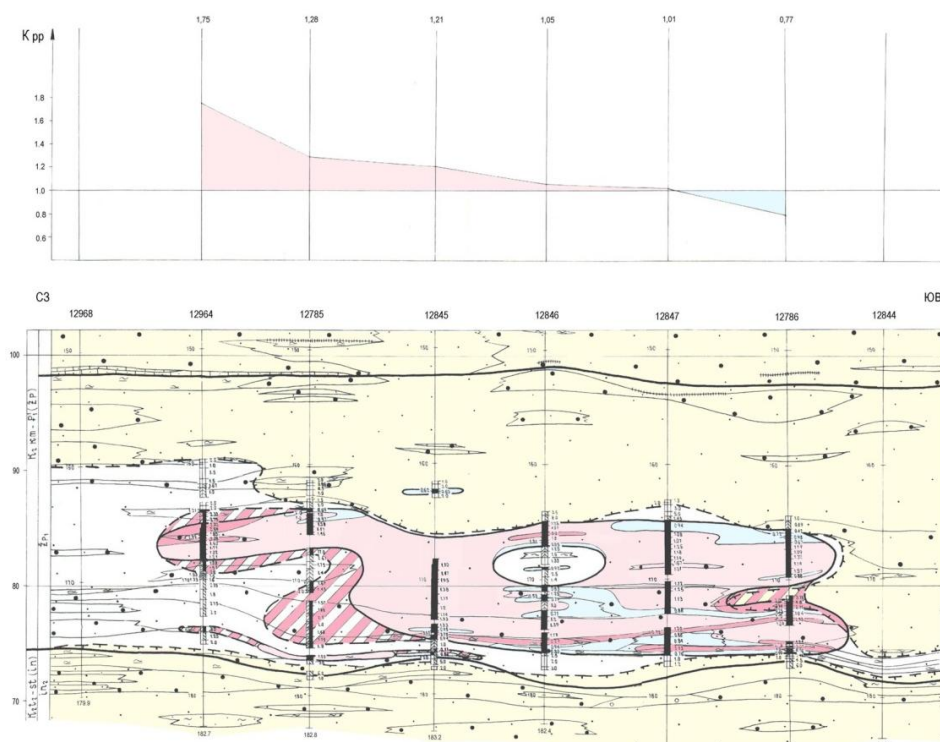


Рисунок 6.3 – Распределение K_{rr} в разрезе по линии профиля 456

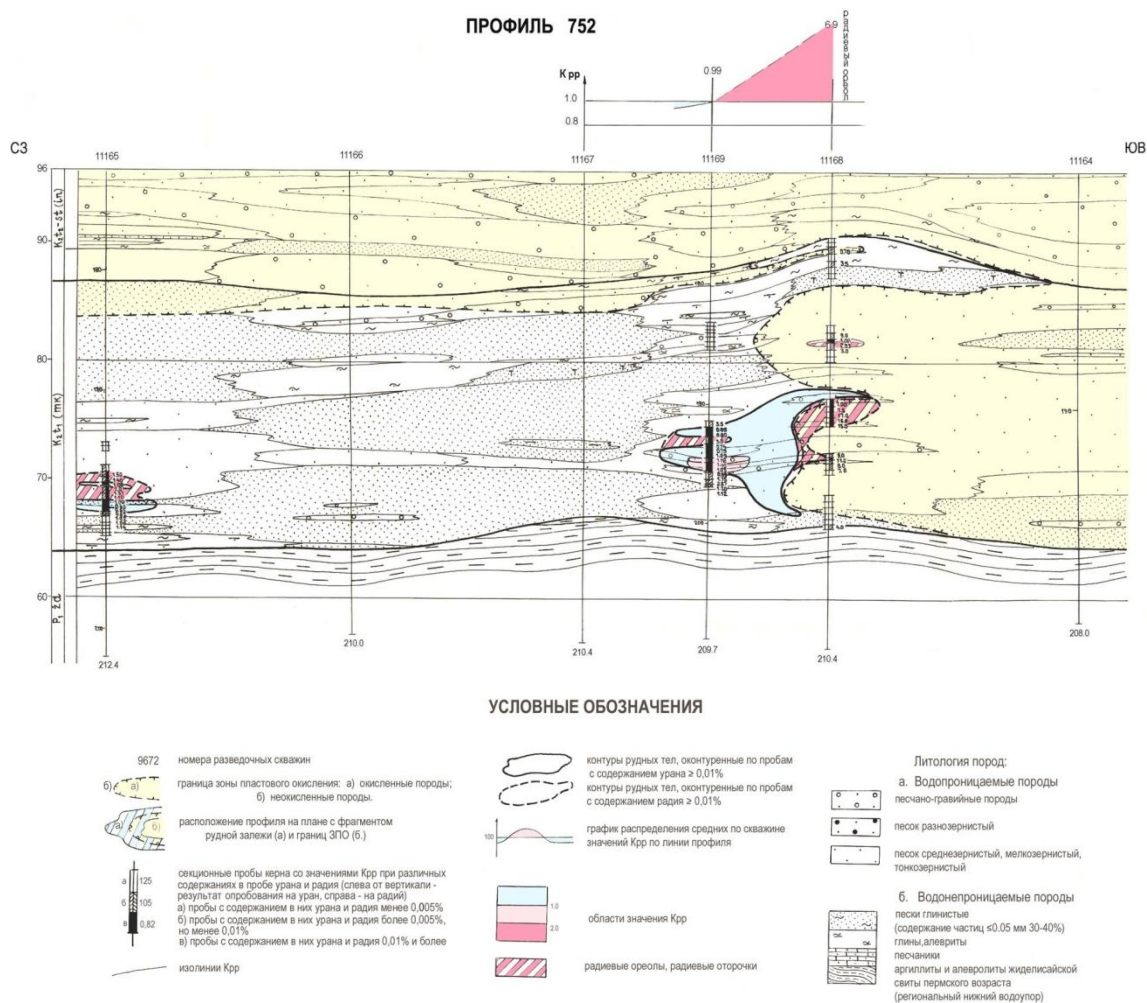


Рисунок 6.4 – Распределение Krr в разрезе по линии профиля 752

Приведенные в качестве иллюстрации разрезы коэффициента радиоактивного равновесия также явно свидетельствуют о невозможности выделения каких-либо подзон в зоне урановых руд.

2. Что касается рудных тел, то в разрезе наблюдаются их сложные прихотливые формы, при этом, следует говорить как о непосредственной сложности, так и о субъективности и условности в выделении каких-либо морфологических элементов рудных тел, характерных для гидрогенных месторождений (мешок, верхнее, нижнее крылья и т.п.). В целях детального изучения распределения средних по рудным пересечениям значений коэффициента радиоактивного равновесия на плане рудных залежей месторождения был построен план распределения средних значений Krr по скважинам залежи №6 (рисунок 6.5).

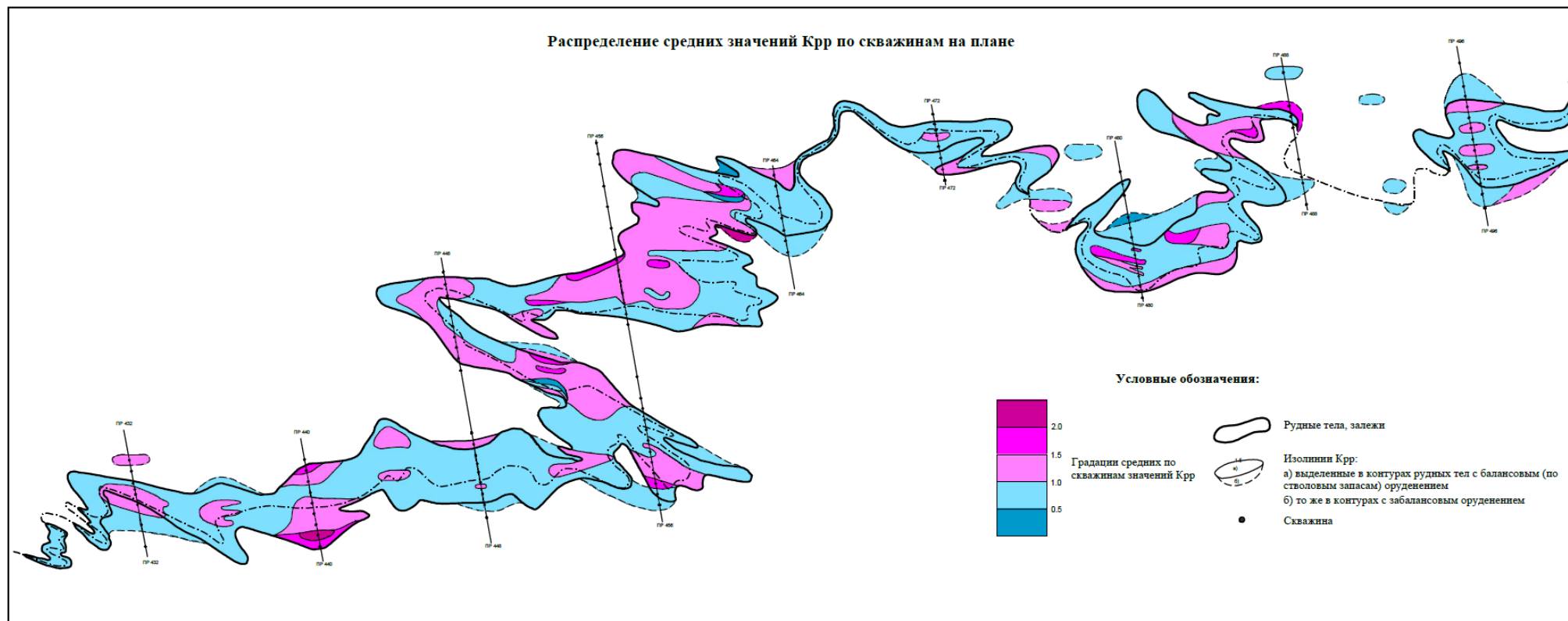


Рисунок 6.5 – План распределения средних значений K_{rr} по скважинам в залежи №6

Анализируя карту, мы можем отметить нерегулярное чередование высоких и низких значений как отражение распределения средних по рудным пересечениям значений K_{pp} . Отдельными, не коррелирующими между собой, пятнами представлены на карте участки с повышенными значениями коэффициента радиоактивного равновесия. Каждое такое пятно объединяет несколько (2-3, редко – до 10) пересечений, прогнозирование которых не представляется возможным.

Пятна с повышенными – более единицы – значениями K_{pp} в отдельных (единичных) случаях могут иметь значительное распространение и занимать площадь 0,2-0,3 км². Такие пятна, как правило, объединяют всего несколько 2-3, редко до 10 пересечений.

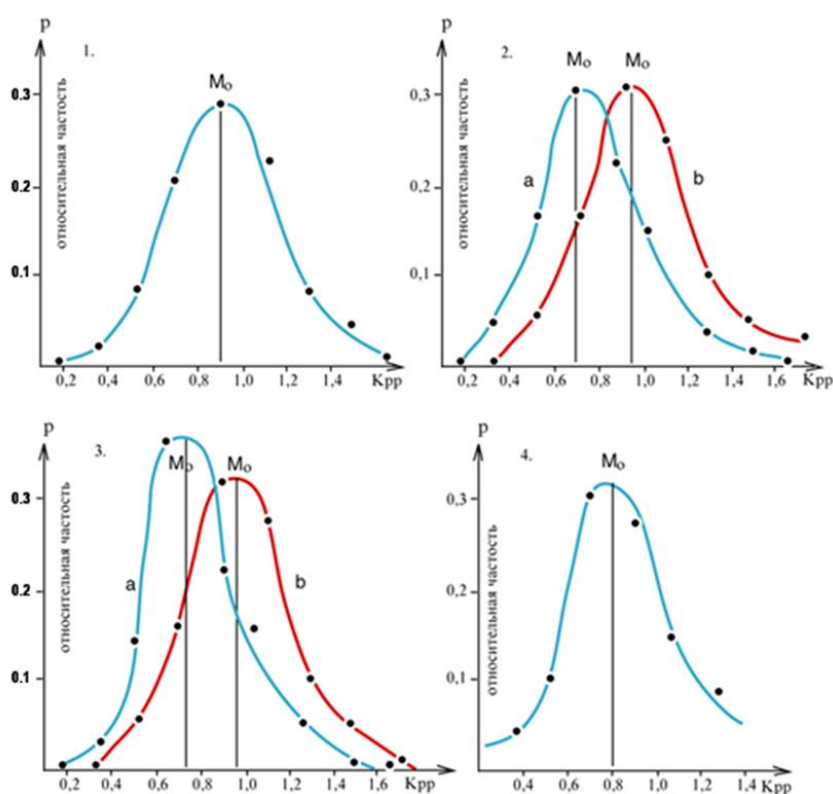
Данный анализ послужил основой для выработки следующих практических выводов:

- определяя границы оруденения, для того, чтобы избежать погрешностей, причиной которых являются радиевые оторочки на границах рудных тел, мы должны использовать граничные значения коэффициента радиоактивного равновесия;

- необходимо при определении содержаний урана в рудном пересечении использовать среднее значение коэффициента радиоактивного равновесия, независимо от положения скважины на плане по отношению к границе выклинивания зоны пластового окисления.

Основой исследований средних по рудным пересечениям значений вышеуказанного коэффициента стали построенные вариационные графики; базируясь на них, мы проанализировали закономерности распределения средних значений K_{pp} по рудным залежам, рудовмещающим горизонтам, произвели расчеты отражающие данные закономерности статистических параметров. Вариационные графики построены для Жалпакского рудовмещающего горизонта – отдельно для залежи 6 и объединенных залежей 2 и 3; по причине недостаточности исходных сведений остальные рудовмещающие горизонты и залежи предметом исследования не стали.

Все графики (см. рис. 6.6) имеют характерную мономодальную, практически симметричную форму, отражающую закон распределения, близкий к нормальному. Модальные значения коэффициента радиоактивного равновесия колеблются в пределах 0,7 – 0,98 – что почти для всех пластово-инфильтрационных месторождений урана является типичным диапазоном средних значений коэффициента.



1. Горизонт в целом. $N = 460$ $M_0 = 0,88$ $S = 0,28$

2. Для рудных тел с различной мощностью:

а). $m \leq 1,0$ м $N = 117$ $M_0 = 0,77$ $S = 0,26$

б). $m > 1,0$ м $N = 341$ $M_0 = 0,96$ $S = 0,27$

3. Для рудных тел залежи №6:

а). $m \leq 1,0$ м $N = 76$ $M_0 = 0,74$ $S = 0,24$

б). $m > 1,0$ м $N = 341$ $M_0 = 0,98$ $S = 0,25$

4. Для рудных тел, формирующих остальные (2, 3 и др.) залежи.

$N = 88$ $M_0 = 0,8$ $S = 0,24$

Примечание: N – количество значений K_{pp} ;

M_0 – модальное значение K_{pp} по вариационному графику;

S – стандартное отклонение

Рисунок 6.6 – Вариационные графики распределения k_{pp} в Жалпакском горизонте

Стандартное отклонение K_{pp} от среднего значения для Жалпакского горизонта в целом (S), как это видно из графика, равно 0,28, то есть превышает допустимое (0,25), при котором для интерпретации может быть использовано среднее для горизонта значение данного коэффициента.

Данный факт повлек необходимость проведения следующих дополнительных исследований: была изучена зависимость средних значений коэффициента радиоактивного равновесия как от морфологических элементов рудных тел, так и от мощности рудных тел.

Для изучения зависимости средних значений K_{pp} от морфологических элементов была произведена классификация всех рудных интервалов по их принадлежности к тому или иному ряду – то есть элементу морфологии рудных тел, аналогично – со средними значениями K_{pp} принадлежащим различным рудным залежам.

Сообразно с выделенными рядами K_{pp} (рис. 6.6) были рассчитаны средние (среднеарифметические и средневзвешенные на длину проб) значения данного коэффициента. Их результаты представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Результаты определения средних значений K_{pp} для жалпакского месторождения Акдала

№ залежей	Морфологические элементы рудных тел	Кол-во интер. шт.	Средний K_{pp} в отн. ед.	Стандарт	Коэф. вариации в %	Средневзвешенное значение K_{pp} отн. ед.
1	2	3	4	5	6	7
Залежь 6 (жалпакский горизонт)	Мешковая часть	238	0,96	0,26	27,1	0,96
	Крылевые части	169	0,98	0,27	27,6	1,02
	ИТОГО:	407	0,97	0,26	26,8	0,98
Залежи 2 и 3 (жалпакский горизонт)	Мешковая часть	40	0,77	0,23	29,9	0,81
	Крылевые части	58	0,82	0,25	30,5	0,78
	ИТОГО:	98	0,81	0,25	30,9	0,82
Все залежи	Непроницаемые отложения	11	-	-	-	0,88

На основе построения соответствующих корреляционных графиков (см. рис. 6.7.) была проанализирована зависимость средних значений коэффициента радиоактивного равновесия от мощности рудных тел.

По 11 рудным интервалам, которые объединяют все рудные залежи, выполнен расчет средних значений коэффициента радиоактивного равновесия для непроницаемых пород. Суммарная их мощность равна 10,7 м; средневзвешенное на мощность рудных тел значение коэффициента радиоактивного равновесия для непроницаемых пород для всех рудных залежей – 0,88.

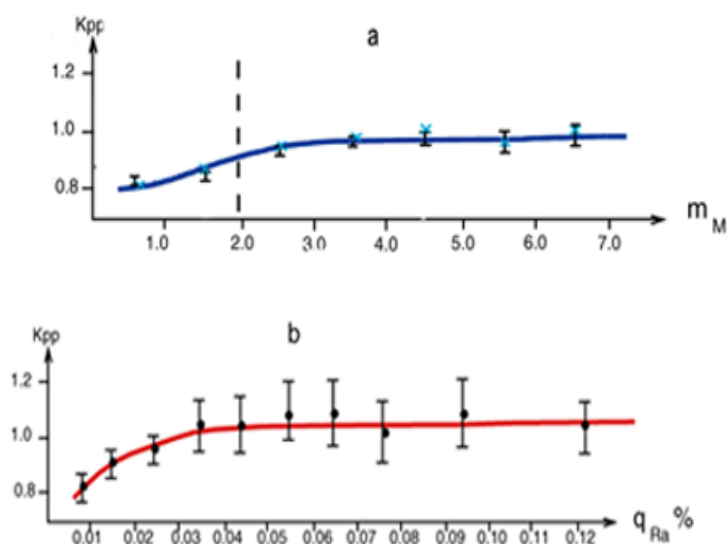


Рисунок 6.7 – Корреляционные графики зависимости средних по рудным интервалам значений k_{pp} от мощности (а) радия и от средних (б) его содержаний для жалпакского горизонта

--- граница, разделяющая средние значения K_{pp} .

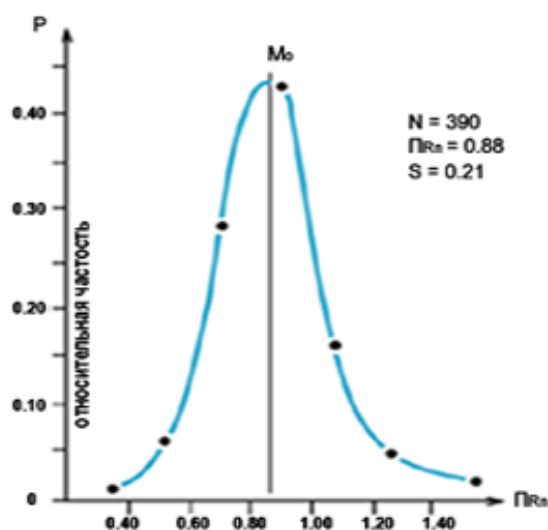


Рисунок 6.8 – Вариационный график распределения значений P_{Rn} для жалпакского горизонта

Исследование вышеуказанных материалов приводит к следующим выводам:

- средние значения коэффициента радиоактивного равновесия, рассчитанные для «крыльев» и «мешковых» частей рудных тел принадлежат к одной совокупности;
- используя исключительно общие средние значения K_{pp} для всех морфологических элементов рудных тел, можно получить наиболее надежные результаты интерпретации.

Для залежи 6 выявлена (рис.6.7а) зависимость средних значений K_{pp} от мощности рудных тел с установлением 2-х градаций мощностей: меньше и равной 1,0 м и более 1,0 м.

Средние значения (K_{pp}), расчет которых был произведен по указанной ранее формуле, использованы при интерпретации гамма-каротажа:

- залежь 6. Рудные тела мощностью равной и менее 1,0 м - 0,88;
- залежь 6. Рудные тела мощностью равной и более 1,0 м - 1,00;
- все остальные залежи в Жалпакском горизонте, безотносительно их мощности - 0,80.

Материалы, показанные на рис. 6.6, показывают, что учитывая вышеобозначенную специфику радиологии, для интерпретации гамма-каротажа возможно использование средних по выделяемым совокупностям значений K_{pp} . Именно при этих условиях обеспечивается выполнение требований Инструкции к величине стандартного отклонения (S), которое для рассматриваемых совокупностей должна быть не более 0,25.

Радиоактивное равновесие между радием и радоном

Наиболее важная и имеющая непреложное практическое значение черта радиологии пластово-инфильтрационных месторождений – смещение радиоактивного равновесия между радием и радоном. Наблюдается его практически повсеместное распространение на месторождениях данного типа. В литературе также подчеркивается техногенная природа данного смещения.

Сущность его заключается в следующем. Фильтрат бурового раствора, проникая в процессе бурения скважины в проницаемый пласт, отжимает пластовую воду с растворенным в ней радоном из около скважинного пространства вглубь пласта, в результате чего образуется зона с дефицитом радона вокруг ствола скважины. То есть в этой зоне имеет место смещение радиоактивного равновесия между радием и радоном в сторону радия.

Тот факт, что основными гамма-излучателями в урановом ряду являются продукты распада радона в итоге приводит к занижению гамма-активности, которое определяется при проведении гамма-каротажа. Данный эффект можно условно именовать «отжатием» радона; значение коэффициента радиоактивного равновесия между радием и радоном, в свою очередь, именуется поправкой на «отжатие» радона. ($P_{отж}$). Указанный эффект экспериментально нашел свое подтверждение практически на всех пластово-инфильтрационных месторождениях урана.

Результаты сопоставления данных гамма-каротажа и опробования керна на радий показали наличие эффекта отжатия радона также и на месторождении Акдала. Однако в отличие от других месторождений проявление его не носит столь отчетливый характер. Об «отжатии» радона свидетельствует систематическое занижение данных гамма-каротажа по сравнению с данными опробования керна на радий, об этом говорит сопоставление указанных параметров. Это сопоставление выполнено отдельно для залежи 6 и суммарно для залежей 2 и 3. Результаты приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Сопоставление результатов интерпретации гамма-каротажа с данными опробования керна на радий

Сопоставляемые параметры	Гамма-каротаж	Опробование керна	Поправка на отжатие радона (P_{Rn})
1	2	3	4
Количество сопоставляемых интервалов	390	390	-
Суммарная мощность	1278,5	1278,65	-
Суммарные стволовые запасы	59,5718	66,6164	0,89

Данные таблицы 6.2 свидетельствуют о занижении результатов интерпретации гамма-каротажа по стволовым запасам в среднем на 11% (10,7–9,7%). Оценка значимости этого расхождения по t – статистике говорит о систематическом характере этих расхождений. Так, при доверительной вероятности $P=99\%$ и при $V = N - 1 = 313$ и 82 трасчет. $(4,21 \text{ и } 3,78) < t_{\text{табличн.}}$

Об этом же свидетельствует и вариационный график распределения значения Π_{Rn} по частным интервалам (рис 6.8).

Проведенный анализ эффекта «отжатия» радона на основе эмпирических данных позволяет констатировать следующее:

- Эффект отжатия радона в пласт в процессе бурения скважин на месторождении Акдала имеет место.

- В результаты интерпретации гамма-каротажа должна быть введена соответствующая поправка, поскольку величина поправочного коэффициента на отжатие радона превышает 10%, при допустимом менее 10%;

- На практике, как правило, по значениям K_{pp} и поправки на отжатие радона (Π_{Rn}) рассчитывается общая поправка ($\Pi_{\text{общ}}$), которая и используется при интерпретации:

$$\Pi_{\text{общ}} = K_{pp} * \Pi_{Rn}.$$

С учетом содержаний в породах тория, калия (6%) и эффекта отжатия радона ($\Pi_{Rn} = 0,9$) рассчитаны бортовые значения урана для определения мощности урановых рудных тел:

- контакт "серые-серые"
0,013% для залежи 6;
0,011% для остальных залежей
- контакт "серые-желтые"
 - 0,016 для залежи 6;
 - 0,015 для в остальных залежей.

В таблице 6.3 приведены значения поправочных коэффициентов, учитывающих сдвиг радиоактивного равновесия между всеми радионуклидами

в урановом ряду: между ураном и радием, между радием и радоном, между радоном и висмутом-214 в сумме со свинцом-214.

Таблица 6.3 – Сводная таблица значений поправочных коэффициентов на сдвиг радиоактивного равновесия в урановом ряду

Рудовмещающие горизонты, морфоэлементы рудных тел	К _{рр} отн. ед.	П _{РН} отн.ед.	П _{общ.} в отн.ед.
без выделения морфоэлементов рудных тел.			
1.1 Рудные тела мощностью менее и равным 1,0 м	0,88	0,9	0,792
1.2 Рудные тела мощностью более 1,0 м	1,0	0,90	0,900
2 Объединенные залежи 2, 3, 7, 8	0,8	0,9	0,720

Определение мощности и средних содержаний урана по результатам дифференциальной интерпретации данных гамма-каротажа кважин

Содержания урана, в пределах выделенных таким образом интервалах, определялось по формуле:

$$C_{ур} = \frac{C_{РА}}{K_{рр} \times P_{отж.}} \%$$

где: $C_{РА}$ - содержание радия в рудном пересечении для $K_0 = 11500$ мкр/ч; получаемое после введения поправок $P_{вл.}$, $P_{бр.}$;

$K_{рр}$ - коэффициент радиоактивного равновесия между ураном и радием, выбираемый в зависимости от мощности рудных тел, от залежей и рудовмещающих горизонтов.

$P_{отж.}$ – поправка на отжатие радона.

При формировании рудных интервалов прослой непроницаемых пород мощностью до 0,2 м включались в общий рудный интервал, как проницаемые, а свыше 0,2 м «вырезались» с формированием самостоятельного интервала непроницаемых руд с бортовым содержанием урана 0,03% и выше. При содержании же в них урана менее 0,03% - относились к разряду безрудных пород.

Прослой проницаемых безрудных пород мощностью до 1,0 м включались в общий рудный интервал со «своими» содержаниями урана при условии, что среднее содержание урана в таком объединённом интервале будет не ниже 0,01%.

Оценка достоверности измерений, правильности выбора поправочных коэффициентов и надежности данных интерпретации гамма-каротажа будет

производиться по результатам их сопоставления с данными геологического опробования. Сопоставление выполняется по рудным интервалам с выходом керна 70% и более. Те и другие данные, кроме того, сопоставляются и с результатами количественной интерпретации КНД-М.

Примерные конечные результаты этого сопоставления приведены в нижеследующих таблицах 6.4-6.6.

Таблица 6.4 – Сводная таблица результатов сопоставления данных гамма-каротажа и опробования керна на уран

Сопоставляемые параметры: мощность - М; стволовые запасы – МС; Содержание С;	Един. изм.	Значения сопоставляемых параметров		Относ. ит. Расхожд. (%)	Значимость систематических расхождений		Средние квадратические расхождения	
		ОП	ГК		t _{расч.}	t _{табл.}	S _{допущ.}	S _{факт.}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество интервалов	инт.	317	317					
Суммарная мощность	пог.м.	947.55	910.30					
Средняя мощность	м.	2.99	2.87	3.9	3.67	2.59	25см	12.7см
Суммарные стволовые запасы	м%	56.2113	54.3213					
Средние стволовые запасы	м%	0.1773	0.1714	3.4	0.66	2.59	25%	24.2%
Средние содержания	%	0.059	0.060	-0.1	0.01	2.59		

Таблица 6.5 – Сводная таблица результатов сопоставления данных опробования керна на уран и КНД-м

Сопоставляемые параметры: мощность - М; стволовые запасы – МС; содержание - С;	Един. изм.	Значения сопоставляемых параметров		Относ. ит. расхожд. (%)	Значимость систематических расхождений		Средние квадратические расхождения	
		ОП	КНД-М		t _{расч.}	t _{табл.}	S _{допус.}	S _{факт.}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество интервалов	инт.	46	46	-	-	-	-	-
Суммарная мощность	пог.м.	133,25	129,90	-	-	-	-	-
Средняя мощность	м.	2,90	2,82	2.8	1,61	2.0	25см	22.6см
Суммарные стволовые запасы	м%	4,4950	4,5584	-1,4	1,03	2,0	25%	21,4
Средние содержания	%	0,034	0,035	-2,9	-	-	-	-

Таблица 6.6 – Сводная таблица результатов сопоставления параметров уранового оруденения в рудных интервалах определенных по гамма-каротажу и КНД-М

Сопоставляемые параметры: мощность-М; стволовые запасы – МС; Содержание С;	Един. изм.	Значения сопоставляемых параметров		Относ. ит. Расхо- жд. (%)	Значимость систематических расхождений		Средние квадратические расхождения	
		ГК	КНД-М		t _{расч.}	t _{табл.}	S _{допущ.}	S _{факт.}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество интервалов	инт.	36	36					
Суммарная мощность	пог.м.	111,60	113,60					
Средняя мощность	м.	3,1	3,16	-1,8	1,06	2,0	25 см	23,6
Суммарные стволовые запасы	м%	4,04	4,3	-6,0	1,02	2,0	25%	18,2
Средние содержания	%	0,036	0,038	-5,3				

Из таблиц следует, что значимые систематические расхождения между данными, превышающие по относительной величине 10% отсутствуют по всем сопоставляемым параметрам. Статистические расчёты, выполненные по t – критерию (графа 6 свидетельствуют о том, имеющиеся расхождения не являются систематическими (значения t_{расч.} меньше его табличных (t_{табл.}) величин при доверительной вероятности P=99%). Средние квадратические расхождения (графа 9) так же по всем сопоставляемым параметрам не превышают допустимых ± 25 см для мощностей и ± 25 см для стволовых запасов, приведённых в графе 8.

Всё это позволяет сделать вывод о том, что все поправочные коэффициенты, использованные при интерпретации результатов гамма-каротажа определены обоснованно и надёжно, рудные параметры, определённые по этим данным, достоверны и вполне могут быть использованы для подсчёта запасов урана. Мощности и стволовые запасы урана, по опробованию керна определены надёжно и достоверно. Данные опробования керна могут быть использованы в качестве контрольного метода, могущего дать объективную и достоверную оценку качества и надёжности определения

рудных параметров по гамма-каротажу, являющемуся основным методом получения сведений о параметрах уранового оруденения на месторождении.

Подсчет запасов категорий C_1 и C_2 выполнен способом геологических блоков. Выбор способа подсчета обусловлен особенностями методики разведки, проведенной вертикальными буровыми скважинами по прямоугольной сети, субгоризонтальным залеганием и пластово-линзообразной морфологией рудных залежей, линейные размеры которых в плане многократно превышают рудные мощности. В сочетании с изменчивостью морфологии оруденения в пределах продуктивного горизонта, все это делает нецелесообразным применение других способов подсчета.

Подсчет запасов проведен по формуле:

$$P = S * K_p * \rho$$

где P – запас металла в т;

S – площадь блоков в плане в тыс.м²;

K_p – коэффициент рудоносности;

ρ – средняя продуктивность по блоку в кг/м², определяемая как произведение среднего метропроцента по блоку на объемный вес руды:

$$\rho = m * c * d.$$

Таблица 6.7 – Результаты подсчета запасов залежи №6 месторождения Акдала

Площадь блока (S), тыс.м ²	Коэф. рудоносности (K _p)	Рудная площадь блока (S _p) тыс.м ²	Метропроцент (mc) м%	Удельная продуктивность(ρ) кг/м ²	Запасы урана (P) т
2	3	4	5	6	7
Категория C₁					
2045	0,98	2005	0,3699	6,14	12316
Категория C₂					
172	0,94	162	0,1542	2,56	415
Итого C₁+C₂					12731

После подсчета запасов традиционным способом (метод геологических блоков) было использовано ПО Micromine. По данным графического материала: карта фактов, геолого-фильтрационные разрезы были выведены

координаты и результаты опробования по скважинам. С их помощью была вынесена траектория скважин по профилям и наложены значения опробования.

Так как скважины вертикальные файлом инклинометрии можно пренебречь. По содержаниям отдельно U и Ra были оконтурены рудные тела в залежи №6.

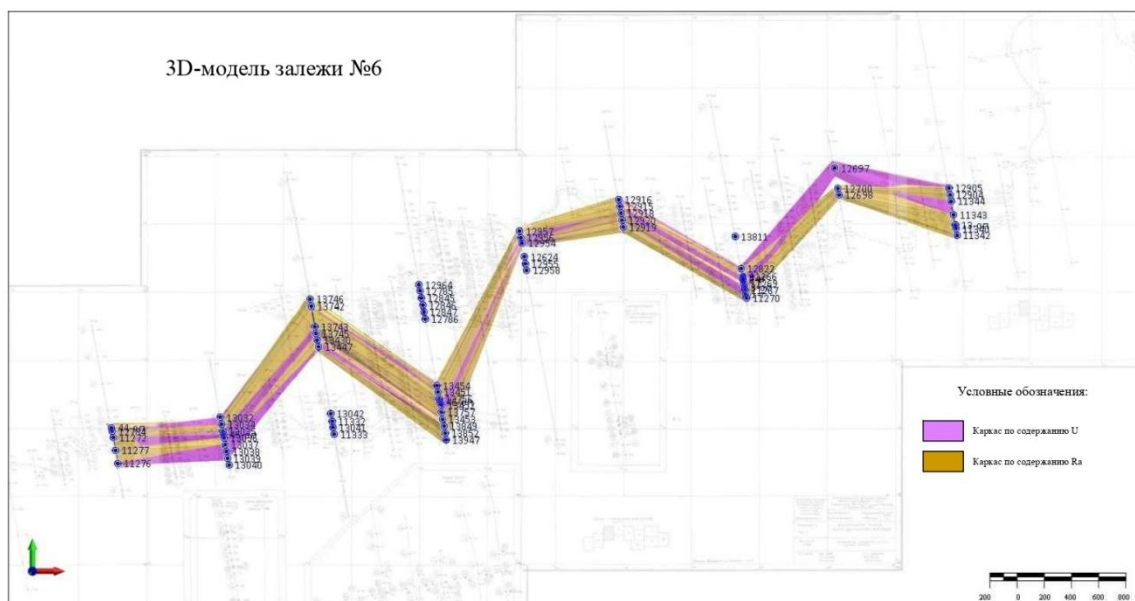


Рисунок 6.9 – Каркасы U и Ra на плане

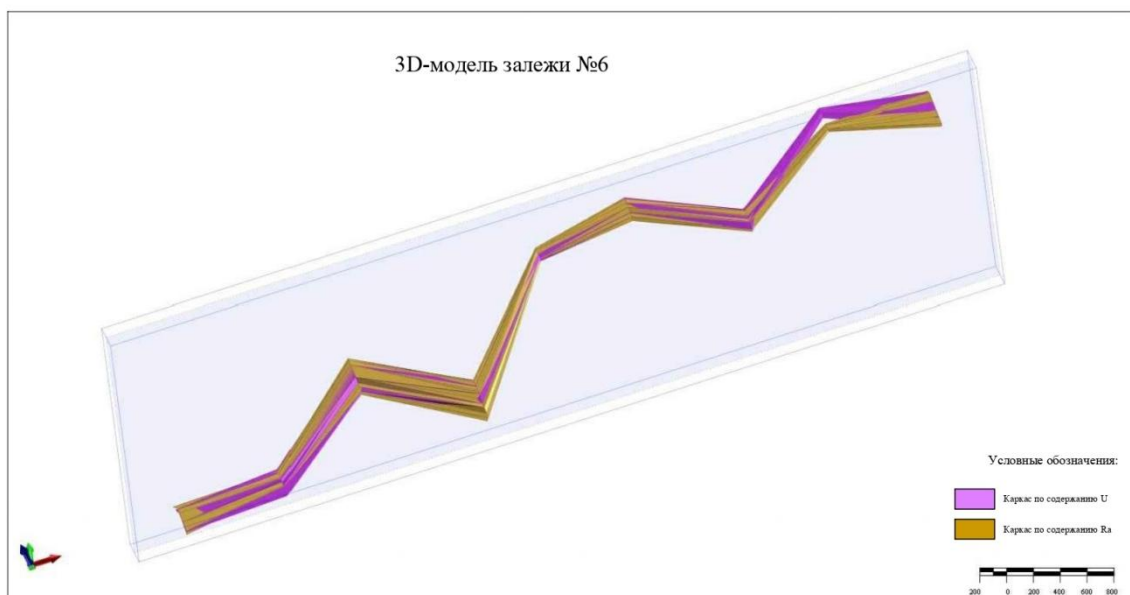


Рисунок 6.10 – 3D-модель залежи №6

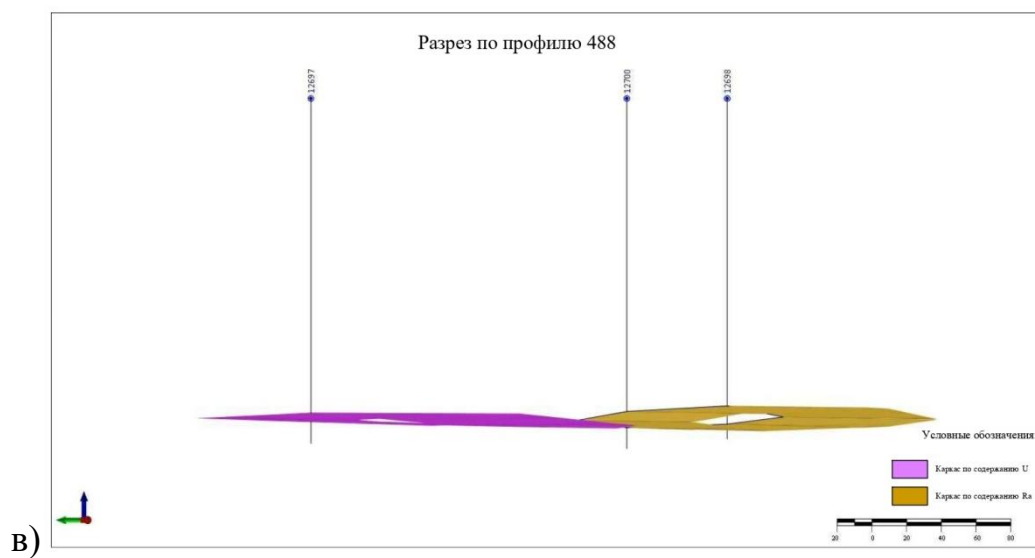
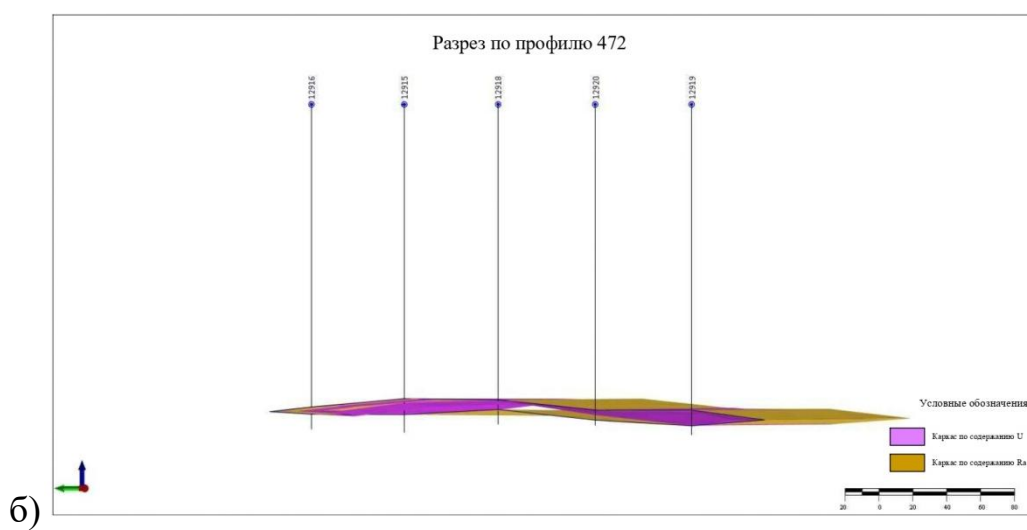
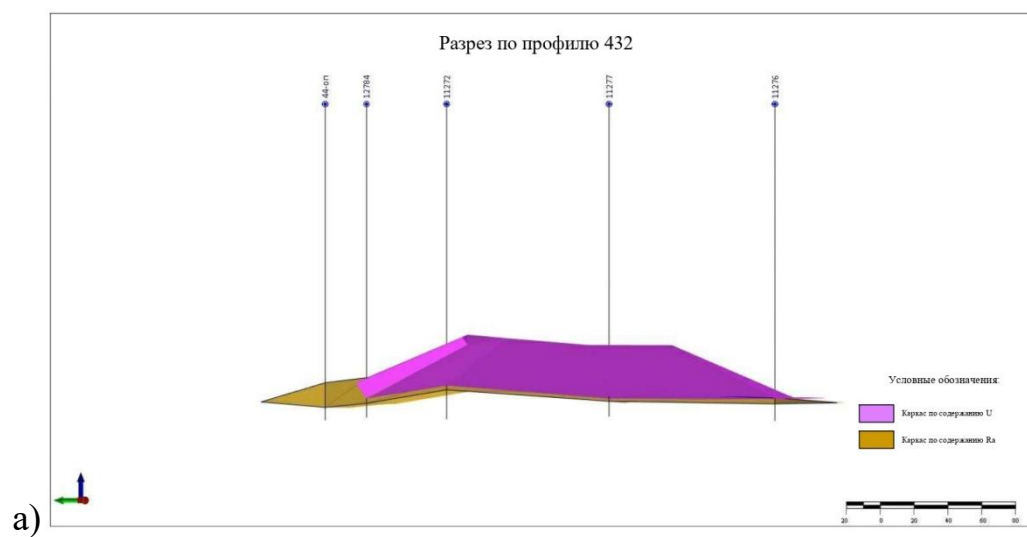


Рисунок 6.11– Геологические разрезы по профилям: а) 432; б) 488; в) 472

По каркасам были посчитаны запасы урана, которые составили 18563 тонн. Среднее содержание урана по каркасам 0,059%.

Хочется отметить, что среднее содержание рассчитывает Программное обеспечение и оно действует как среднее, взятое из всех значений в каркасе.

Запасы, посчитанные методом геологических блоков, составили 12731 тонн, а программным обеспечением Micromine 18563 тонны. Из-за недостатка данных, которые использовались для построения компьютерной модели запасы превысили посчитанные традиционным способом.

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

7.1 Технико-экономическое обоснование продолжительности и объема камеральных работ

Целью выпускной квалификационной работы является изучение особенностей геологического строения, вещественного состава урановых руд и характера распределения урана и радия на участке месторождения Акдала на основе построения компьютерной модели.

Для достижения поставленной цели были проведены аналитические исследования, сбор, обработка и интерпретация исходных материалов. Работа с этими данными позволит построить 3D-модель участка месторождения и определить характер распределения урана и радия.

Сметная стоимость составляется с использованием нормативно правовых документов:

- Сборник сметных норм на геологоразведочные работы за 1992 год выпуск №1, №7 (ССН-92, Вып.1, Вып.7);
- Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы;
- Сборник норм основных расходов на геологоразведочные работы за 1993 год выпуск №1 (СНОР-93, Вып.1).

В разделе «Финансовый менеджмент» будут рассмотрены затраты времени и труда на аналитические исследования, сбор, обработку и интерпретацию материалов (табл. 7.1). А также представлен общий расчет сметной стоимости камеральных работ.

Таблица 7.1 – Виды проектируемых работ

№	Виды работ	Условия производства работ	Вид оборудования
1	Камеральные работы	Сбор и обработка данных, анализ материалов	ПЭВМ

Камеральная обработка материалов включает: сбор и систематизацию информации об изучаемом месторождении (особенности геологического строения месторождения, вещественный состав урановых руд); 3D-моделирование месторождения Акдала; оформление полученных данных в виде таблиц, графиков, диаграмм, карт.

7.2 Расчет затрат времени и труда камеральных работ

Для расчета затрат времени и труда использовались нормы, изложенные в ССН-93 выпуск 2 «Геолого-экологические работы». Из этого справочника взяты следующие данные:

- норма времени, выраженная на единицу продукции;
- коэффициент к норме.

Расчет затрат времени выполняется по формуле:

$$N = Q \times H_{BP} \times K, \quad (1),$$

где N – затраты времени, (смена);

Q – объем работ, (смена);

H_{BP} – норма времени из справочника сметных норм (смена);

K – коэффициент за ненормализованные условия.

Все работы были выполнены геологом. Используя технический план, в котором указаны все виды работ, определялись затраты времени на выполнение камеральных работ в сменах (табл. 7.2).

Таблица 7.2 – Расчет затрат времени и труда камеральных работ

№	Вид работ	Объем		Норма времени по ССН (H_{BP})	Документ	Итого времени на объем (N), смена
		Ед. изм	Кол-во (Q)			
1	2	3	4	5	6	7
1	Камеральная обработка материалов (с использованием ПК)	3D-моделирование; составление карт, графиков, диаграмм, таблиц	150	5,36	ССН-92, вып. 2, табл. 61	804
	Итого на камеральные работы					804
	Итого					100 смен

В соответствии с 8 часовой рабочей сменой в месяце 25 смен, таким образом, все работы займут 4 месяца.

7.3 Нормы расхода материалов

Нормы расхода материалов для камеральных работ определялись согласно ССН-92, выпуск 3, а также инструкциям и методическим рекомендациям (табл. 7.3).

Таблица 7.3 – Нормы расхода материалов на проведение камеральных работ

Наименование и характеристика изделия	Единица	Цена, руб.	Норма расхода	ССН	Сумма, руб.
Бумага офисная	пачка (100 л)	250	0,05	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 2	12,5
Карандаш простой	шт.	25	2,5	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 7	62,5
Резинка ученическая	шт.	10	0,94	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 16	9,4
Линейка чертежная	шт.	30	0,24	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 13	7,2
Ручка шариковая (без стержня)	шт.	50	0,94	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 19	47
Стержень для ручки шариковой	шт.	15	2,8	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 22	42
Итого:					180,6

В соответствии с таблицей 7.3 расход материалов на проведение камеральных работ составил 180,6 руб.

7.4 Общий расчет сметной стоимости работ

Расчет затрат на возмещение износа основных средств, используемых при выполнении камеральных работ, производится по формуле (2).

$$A = \frac{ОПФ_{п} \times H_a}{100}, \quad (2)$$

где ОПФ_п – первоначальная стоимость основных фондов, руб.;

H_a – норма амортизации, %.

Таблица 7.4 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование объекта основных фондов	Кол- во	Балансовая стоимость, руб.	Годовая норма амортизации, %	Амортизация в месяц, руб.	Амортизация за 4 месяца, руб.
Персональный компьютер	1	70000	10	583,3	2 333,2
Micromine	1	500000	50	20833,3	83 333,2
ArcGIS	1	250000	50	10416,6	41 666,4
Итого:					127 332,8

Согласно расчетам, амортизационные отчисления составят 127 332,8 руб.

Общий расчет сметной стоимости оформляется по типовой форме.

Таблица 7.5 – Сметно-финансовый расчет на выполнение проектно-сметных работ (СМ 6)

Статьи основных расходов	Коэффициент загрузки	Оклад за месяц	Районный коэф-т	Итого, руб/мес
Геолог	1	30000	1,3	39000
Итого в месяц:				39000
Итого за 4 месяца		156 000		
ФЗП		156 000		
Страховые взносы (30,4% от ФЗП)		47 424		
ФОТ		203 424		
Материалы		180,6		
Амортизация		127 332,8		
Резерв (3% от ФЗП)		4680		
Итого:		335 617,4		

Накладные расходы составляют 15% основных расходов. Сумма плановых накоплений составляет 10% суммы основных и накладных расходов. Резерв на непредвидимые работы и затраты колеблется от 3-6 %.

Таблица 7.6 – Общий расчет сметной стоимости работ (СМ 1)

№ п/п	Наименование работ и затрат	Объём		Полная сметная стоимость, руб.
		Ед. изм	Кол-во	
I	Основные расходы			
1	Проектно-сметные работы			335 617,4
2	Камеральные работы			180,6
	Итого основных расходов (ОР):	335 798		
II	Накладные расходы	% от ОР	15	50 369,7
	Итого: основные и накладные расходы (ОР+НР)	386 167,7		
III	Плановые накопления	% от НР+ОР	20	77 233,54
VI	Резерв	% от ОР	3	10 073,94
	Итого сметная стоимость			473 475,18
	НДС	%	20	94 695,036
	Итого с учётом НДС	568 170,216		

Таким образом, согласно произведенным расчетам, общая стоимость работ составит 568 170,216 рублей.

8 Социальная ответственность

Цель работы – изучение геологического строения, вещественного состава руд, характера распределения урана и радия на участке месторождения Акдала.

Сегодня Казахстан располагает 1,7 млн. тонн урана, причем «дешевого», что выводит республику на второе место в мире по объемам разведанных запасов и ресурсов урана. Многие месторождения урана в Казахстане являются уникальными, так как в них сосредоточены сотни тысяч тонн урана в компактных и богатых для способа подземного выщелачивания рудах.

Урановое месторождение Акдала, располагающееся в Сузакском районе Южно-Казахстанской области, относится к группе средних по масштабам объектам гидрогенного типа. Оно обладает весьма уникальным сочетанием благоприятных геотехнологических параметров, определяющих проведение его отработки прогрессивным способом подземного выщелачивания по сернокислотной схеме, кроме того, при отработке подобных месторождений и при проведении опытных работ по подземному выщелачиванию установлено, что наряду с ураном в продуктивные растворы переходит целый ряд редких и рассеянных элементов.

Вся работа по написанию выпускной квалификационной работы проводилась за персональным компьютером. Поэтому в данном разделе рассматривается безопасность работы за рабочим местом в компьютерном кабинете. Целью раздела «Социальная ответственность» является анализ опасных и вредных факторов при данном виде организационной деятельности и решение вопросов обеспечения защиты от них на основе требований действующих нормативно-технических документов.

8.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В этом разделе учитываются необходимые нормы и требования законов Российской Федерации при работе за компьютером.

Написание выпускной квалификационной работы производилось в 540 аудитории 20 корпуса НИ ТПУ. В кабинете предусмотрено 12 индивидуальных

рабочих мест. Каждое место представляет собой компьютерный стол с тумбой и полками для книг, оснащенный стационарным компьютером.

В кабинете есть естественное и искусственное освещение. Естественное освещение осуществляется через световые проемы (окна), искусственное освещение осуществляется системой общего равномерного освещения.

Работы профессионально связанные с эксплуатацией ПК в соответствии с приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12 апреля 2011 г. N 302н не входят в перечень вредных и (или) опасных производственных факторов и работ. [9].

В соответствии с пунктом 13.1 статьи 13 Постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 03.06.2003 г. №118 «О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03» лица, работающие с ПЭВМ более 50% рабочего времени (профессионально связанные с эксплуатацией ПЭВМ), должны проходить обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в установленном порядке [7, 10].

Нормальная продолжительность рабочего времени согласно статье 91 Трудового кодекса РФ не может превышать 40 часов в неделю [15].

Продолжительность рабочего дня составляет 8 часов [15].

В соответствии с Типовой инструкцией по охране труда при работе на персональном компьютере Р-45-084-01 продолжительность непрерывной работы с компьютером без регламентированного перерыва не должна превышать двух часов. Продолжительность и частота перерывов зависит от категории работы с компьютером и уровня нагрузки (таб. 8.1) [14].

Таблица 8.1 – Категории работ с компьютером

Категории работы с компьютером	Уровень нагрузки за смену при разных видах работ		
	А	Б	В
	кол-во знаков	кол-во знаков	кол-во знаков
I	до 20000	до 15000	до 2

В соответствии со статьей 92 Трудового кодекса РФ сокращенная продолжительность рабочего времени при проведении работ профессионально связанных с эксплуатацией ПК не предусмотрена [15].

Согласно статье 108 Трудового кодекса РФ в течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается [15].

При 8-часовой рабочей смене и работе на компьютере регламентированные перерывы следует устанавливать [15]:

- для I категории работ устанавливаются регламентированные перерывы через два часа от начала рабочей смены и через два часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый.

ГОСТ Р ИСО 9241-5-2009 предусмотрены требования к рабочей позе: бедра расположены приблизительно в горизонтальной позиции, а ноги от колена до ступни - в вертикальной позиции; позвоночник расположен вертикально; ступня составляет угол в 90° по отношению к подколенной части ноги; линия зрения заключена между горизонталью и 60° ниже горизонтали [6].

8.2 Производственная безопасность

Главные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении камеральных работ в 540 аудитории описаны в таблице 8.2 в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015[1].

Таблица 8.2 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этап работ	Нормативные документы
	Камеральные	
1. Недостаточное освещение рабочей зоны	+	ГОСТ 12.1.038- 82 [3] ГОСТ 12.1.003-2014 [4] ГОСТ Р ИСО 9241-5-2009 [6] СанПиН 2.2.4.548-96 [11] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [10] СП 52.13330.2016 [13] ТОИ Р-45-084-01 [14]
2. Отклонение параметров микроклимата	+	
3. Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса	+	
4. Повышение уровня шума		
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	

8.2.1 Анализ вредных и производственных факторов

1) Недостаточное освещение рабочей зоны

Недостаток освещения влияет на функционирование зрительного аппарата, определяя зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов. Недостаточная освещенность может возникать при неправильном выборе осветительных приборов при искусственном освещении и при неправильном направлении света на рабочее место при естественном освещении.

Размеры аудитории составляют: длина – 7 м, ширина – 6 м, высота – 3,5 м. Одно рабочее место занимает площадь равную 6 м².

В аудитории, где находится рабочее место, совмещенное освещение (естественное и искусственное). Естественное освещение осуществляется через боковые окна, выходящие на восток. Общее искусственное освещение обеспечивается 12 светильниками, встроенными в потолок, расположенными в 4 ряда параллельно рабочих столов с ПЭВМ. Такое расположение осветительных приборов позволяет достичь равномерного освещения.

Оценка освещенности производилась в соответствии с СП52.13330.2016. В таблице 8.3 приведены нормируемые и фактические показатели искусственного освещения [13]. Нормируемые показатели представлены для учебной аудитории. Реальная освещенность на рабочем месте взята из материалов аттестации рабочих мест по условиям труда.

Таблица 8.3 – Нормируемые и фактические показатели искусственного освещения

Рабочая поверхность и плоскость нормирования освещенности (Г - горизонтальная) и высота плоскости над полом, м	Освещенность (при общем освещении), лк	
	Фактическая	Допустимая
	Г – 0,8 400	300

Исходя из таблицы можно сказать, что освещенность соответствует нормативным данным, следовательно, освещение оказывает благоприятное влияние на качество рабочего процесса и безопасность учащихся.

2) *Отклонение параметров микроклимата*

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма [11].

Если температура воздуха в помещении повышена, кровеносные сосуды расширяются, происходит повышение притока крови к поверхности тела и теплоотдача в окружающую среду возрастает. При понижении температуры – кровеносные сосуды сужаются и приток крови к поверхности тела, соответственно, замедляется, и теплоотдача уменьшается. Это сказывается на работоспособности человека. Влажность воздуха оказывает влияние на терморегуляцию организма. При высокой влажности (более чем 85%) затрудняется терморегуляция, а при низкой (менее 20%) – происходит пересыхание слизистой оболочки дыхательных путей. Резкие перепады влажности воздуха также отрицательно сказываются на работоспособности.

Движение воздуха в рабочем помещении способствует увеличению теплоотдачи организма человека. Периодическое проветривание помещения способствует улучшению работоспособности человека.

Допустимые нормы микроклимата для данной категории рабочего места представлены в таблице 8.4 [11]. Реальные данные по микроклимату на рабочем месте взяты из материалов аттестации рабочих мест по условиям труда.

Таблица 8.4 – Оптимальные нормы микроклимата для помещений с ПЭВМ

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С ⁰		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Факт	Оптим.	Факт.	Оптим.	Факт.	Оптим.
Холодный	легкая	23	22-24	45	40-60	0,1	0,1
Теплый	легкая	25	23-23	45	40-60	0,1	0,1

Исходя из табличных данных, можно сказать, что температура и влажность воздуха соответствуют нормативным данным, следовательно, эти оптимальные показатели оказывают благоприятное влияние на качество рабочего процесса.

3) Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса

При длительной работе с ПК можно заметить усталость и перенапряжение зрения, внимания, нервно-эмоциональное и умственное напряжение. Все это может отрицательно повлиять на производительность труда, качество труда, «эмоциональное здоровье» человека и окружающее его общество.

На работоспособность, помимо рабочей нагрузки в реальной трудовой, влияют и неблагоприятные условия труда, вытекающие из характера самой выполняемой работы. Так на работоспособность активно влияет фактор монотонности.

Во избежание утомляемости, необходимо каждые 2 часа делать 15 минутные перерывы, а также, желательно, стараться более 4 часов не

заниматься одной и той же работой, необходимо менять вид деятельности и обстановку.

Для достижения допустимого уровня микроклимата необходимо наличие системы вентиляции и нужного количества обогревательного оборудования. Работающим на персональных компьютерах показана психологическая разгрузка в специально оборудованных помещениях во время регламентированных перерывов и в конце рабочего дня.

4) Повышенный уровень шума

Согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 для человека, который работает в учебной аудитории за компьютером, разрешенный предел шума не должен превышать 50 дБ [12].

Шум наносит вред сердечно-сосудистой системе, нервной системе, органам слуха (барабанная перепонка), приводит к гормональному сбою.

Главным источником шума при написании настоящей работы являлись системные блоки компьютеров в аудитории 540 20-го корпуса ТПУ.

Обычно, уровень шума от исправного компьютера составляет 10-25 дБ. В аудитории 12 персональных современных компьютеров, но шум от них нельзя подсчитывать как алгебраическую сумму. Так шум от одновременно включенных всех компьютеров в аудитории составит 56 дБ, что не значительно превышает уровень установленный СанПиН 2.2.4.3359-16.

Если уровень шума на рабочем месте превышает допустимый уровень, вы должны использовать индивидуальные средства защиты (затычки для ушей, специальные наушники). В обеденный перерыв обязательно покидайте рабочее место и отправляйтесь в более тихое место, чтобы слух немного отдохнул и адаптировался к нормальному уровню громкости [4].

5) Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Электрические установки, к которым относится практически все оборудование ЭВМ являются потенциальной опасностью для человека, так как в процессе эксплуатации или проведении профилактических работ человек

может коснуться частей, которые находятся под напряжением. Специфической опасностью электроустановок являются токоведущие проводники оборудования, которые, находясь под напряжением, имеют нарушенную изоляцию и не подают каких-либо сигналов, предупреждающие человека об опасности. Реакция человека на электрический ток возникает лишь при протекании последнего через тело человека.

Электрический ток – это скрытый тип опасности. Затруднительно определение в частях оборудования электрического тока. Смертельно опасным для жизни человека считают ток, превышающий 0,05А, ток менее 0,05А является безопасным (до 1000 В). Для предотвращения электротравматизма большое значение имеет правильная организация работы, заключающаяся в соблюдении правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок, и правил устройства электроустановок.

Аудитория, в которой проводилась камеральная обработка материалов выпускной квалификационной работы, относится к категории помещений без повышенной опасности. Однако, возможность поражения электрическим током, все-таки, существует, т.к. персональный компьютер работает от источника тока с напряжением 220 В.

Для того чтобы исключить опасность поражения электрическим током, необходимо соблюдать правила электрической безопасности:

- перед включением компьютера в сеть необходимо визуально проверить электропроводку на отсутствие участков, где нарушения изоляции проводов, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус компьютера;
- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети ПК и устранить неисправность;
- токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения а доступные прикосновению проводящие части не должно находиться под напряжением, представляющим опасность

поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции.

Для защиты от поражения электрическим током, в случае повреждения изоляции, должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении [3]:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- выравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

Из-за этого к работе на ПК допускаются лица, прошедшие обучение безопасным методам труда, вводный инструктаж, первичный инструктаж на рабочем месте и знающие правила первой медицинской помощи при поражении электрическим током, для того, чтобы быть готовым оказать помощь другим.

8.3 Экологическая безопасность

Правила утилизации люминесцентных ламп

Согласно действующему на территории России постановлению Правительства РФ от 3 сентября 2010 г. N 681 «Об утверждении правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде», специализированные организации обеспечивают сбор отработанных люминесцентных ламп у потребителей, а организация сбора ложится на органы местного самоуправления, которые

должны проинформировать о порядке проведения сбора ламп как юридических лиц, так и индивидуальных предпринимателей, и частных лиц [8].

Для накопления ламп юридическими лицами обязательно применение специальной тары, и обязательно отдельно от остальных отходов. Транспортировка отработанных ламп в место сбора осуществляется в герметичной таре, на специальном транспорте для опасных грузов. Места сбора и транспортировки обязательно должны быть оснащены газосигнализаторами на пары ртути и обеспечены средствами индивидуальной защиты органов дыхания [15].

Правила утилизации ПК и комплектующих

Эксплуатация далеко не самая сложная операция с персональным компьютером, с точки зрения экологии, самая сложная операция — это утилизация.

Утилизация компьютерной и офисной техники для предприятий особенно важна, потому что в данном случае действуют строгие законы. К примеру, Федеральный закон №89, который запрещает предприятиям заниматься самостоятельной утилизацией опасных отходов.

Только специализированные организации могут заниматься данным видом деятельности, к примеру, предприятия, которые занимаются утилизацией компьютеров, оргтехники и других электронных отходов.

При самостоятельной утилизации компьютерной техники помимо норм и законов экологического законодательства Российской Федерации предприятия нарушают еще и налоговое законодательство. Из-за того, что большинство офисной техники содержит небольшое количество драгоценных металлов, например, золота или платины, при утилизации техники происходит их переработка и направление в государственный фонд. Об этом говорится в п.2 ст. 20 Федерального закона №41 от 26 марта 1998 года.

Правила утилизации макулатуры

Рекомендации по утилизации макулатуры прописаны в ГОСТ Р 55090-2012 [5]. Сбор и утилизация макулатуры на предприятии носит рекомендательный характер.

Приведенные выше аспекты работы в аудитории оказывают непосредственное отрицательное воздействие на литосферу, при неправильном обращении с твердыми отходами. Данная работа на атмосферу и гидросферу воздействия не оказывает.

8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В данном разделе рассматривается чрезвычайная ситуация – пожары в зданиях, сооружениях жилого, социального и культурного назначения, относящаяся к классу ЧС техногенного характера.

20 корпус НИ ТПУ, в котором располагается 540 аудитория, по пожарной опасности относится к категории В – производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов (компьютерная техника, предметы мебели) [2].

Степень огнестойкости здания II согласно Федеральному закону от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 27.12.2018) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». В зданиях II степени максимальный предел распространения огня, составляющий 40 см, может быть допущен только для внутренних несущих стен (перегородок).

В исследуемом помещении обеспечены следующие средства противопожарной защиты:

- ✓ План эвакуации людей при пожаре;
- ✓ Памятка соблюдения правил техники пожарной безопасности;
- ✓ Системы вентиляции для отвода избыточной теплоты от ЭВМ;
- ✓ Углекислотный огнетушитель (ОУ-3);
- ✓ Система автоматической противопожарной сигнализации.

Пожароопасность в основном представлена открытыми токоведущими частями электропроводки, коротким замыканием в электропроводке, перегрузкой сети и статическим электричеством. Возможными причинами возникновения пожара могут быть: неправильный монтаж и эксплуатация систем отопления (использование обогревателей), неисправность систем вентиляции, неосторожное обращение с огнем персонала и др.

Выбор способа тушения пожара зависит от причины, которая обуславливает его возникновение, от характера горящего объекта. Если в аудитории возник пожар и есть угроза его распространения, необходимо использовать имеющиеся под руками средства тушения (огнетушитель), при этом, необходимо вызвать местную пожарную охрану.

В 540 аудитории 20 корпуса ТПУ не обнаружено предпосылок к пожароопасной ситуации. Это обеспечивается соблюдением норм при монтаже электропроводки, отсутствием электрообогревательных приборов и дефектов в розетках и выключателях.

Рассмотрев выше перечисленные вредные и опасные факторы можно сделать вывод, что рабочее место полностью соответствует требованиям производственной и экологической безопасности, в том числе и в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

Заключение

В данной работе были изучены особенности геологического строения месторождения Акдала; вещественный состав урановых руд, условия локализации и морфология рудных залежей; проанализировано распределение урана и радия в рудной залежи №6 месторождения Акдала; построена компьютерная модель месторождения; был произведен подсчет запасов. Запасы, посчитанные методом геологических блоков, составили 12731 тонн, а ПО Micromine 18563 тонны.

На месторождении Акдала установлено наличие и повсеместное развитие радиевых ореолов (зона внутренних радиевых ореолов). Выявлены они по результатам кернового опробования, подтверждены данными КНД-М и спорадически распределены на площади месторождения.

Для Акдалы была установлена характерная для пластово-инфильтрационных месторождений зональность в распределении Крр в крест простирания рудных тел. Проявлена она в виде внешних радиевых оторочек, внутренних (остаточных) радиевых ореолов, зоны урановых руд. Характерной особенностью радиологии месторождения Акдала являются аномально высокие значения Крр в зоне урановых руд, в известной степени нивелирующие для этой зоны более мелкие градации (подзоны) зональности Крр. Наиболее четко внешние радиевые ореолы (оторочки) практически по всем скважинам отмечаются в подошве рудного тела.

Рудные тела в разрезе имеют весьма сложные прихотливые формы. Выделение каких-либо морфологических элементов рудных тел, характерных для гидрогенных месторождений (мешок, верхнее, нижнее крылья и т.п.) весьма сложно и крайне субъективно и условно. Детально изучено, кроме того, распределение средних по рудным пересечениям значений Крр на плане рудных залежей месторождения. Распределение средних по рудным пересечениям значений Крр характеризуется нерегулярным чередованием высоких и низких значений. Участки с повышенными значениями Крр представлены в виде отдельных, не коррелирующих между собой пятен.

Практические выводы, вытекающие из этого анализа, сводятся к следующему:

- при определении границ оруденения необходимо использовать граничные значения K_{pp} во избежание погрешностей, связанных с наличием на границах рудных тел радиевых оторочек;
- при определении содержаний урана в рудном пересечении следует использовать среднее значение K_{pp} , независимо от положения скважины на плане по отношению к границе выклинивания зоны пластового окисления.

Искажения в запасы месторождения, в целом радиевые ореолы практически не вносят, так как запасы урана и радия в этих ореолах ничтожно малы и не превышают 0,09% от запасов урана и 0,5% от запасов радия. Тем не менее, они могут внести достаточно весомую погрешность в запасы конкретной добычной площадки, подготовленной и предназначенной для извлечения урана методом СПВ. Поэтому во избежание досадных недоразумений рекомендуется все скважины, расположенные в непосредственной близости от границы ЗПО бурить обязательно с отбором керна, или обеспечить выполнение в них КНД-м.

Список использованной литературы

Нормативная литература

1. ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Введен: 01.03.2017. – М.: Стандартинформ. – 2019. – 10 с.
2. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
3. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
4. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования к безопасности. Введен: 01.11.2015. – М.: Стандартинформ, 2015 – 24 с.
5. ГОСТ Р 55090-2012. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Рекомендации по утилизации отходов бумаги.
6. ГОСТ Р ИСО 9241-5-2009. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 5. Требования к расположению рабочей станции и осанке оператора. Введен: 01.12.2010. – М: Стандартинформ, 2010. – 24 с.
7. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 03.06.2003 № 118 «О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03».
8. ПП РФ от 3 сентября 2010 г. N 681 «Об утверждении правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде»
9. Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302н (ред. от 05.12.2014).

10. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» - М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003. – 97 с.
11. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М: Минздрав России, 1997. – 132 с.
12. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. Введен: 21.06.2016. – М.: Издательство стандартов, 2016. – 69 с.
13. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. Введен: 08.05.2017. – М.: Стандартинформ, 2018. – 117 с.
14. ТОИ Р-45-084-01 «Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере». - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.
15. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019).

Фондовая литература

16. Вершков А.Ф., Берикболов Б.Р., Петров Н.Н. Отчет о результатах детальной разведки уранового месторождения Акдала за период работ 1982-2003 г.г. с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.2003 г. по контракту № 647 от 28 марта 2001г. – Алматы, 2003.
17. Бляхова С.М., Полумискова Л.А., Савинова А.П. Палентолого-стратиграфические исследования меловых, палеогеновых и неогеновых отложений Чу-Сарысуйской впадины. Отчет мезо-кайнозойской партии за 1972-75г.г. Алматы, 1976.
18. Шор Г.М.. Геологическое строение, гидрогеология и ураноносность мезозойско-кайнозойских отложений центральной части Чу-Сарысуйской депрессии. Окончательный отчет по теме № 675 и разделу темы № 770. ВСЕГЕИ, Ленинград, 1977

19. Стратиграфические схемы меловых и палеогеновых отложений Казахстана. ч.І – Меловые отложения, ч.ІІ – Палеогеновые отложения, Алматы, 1998.

Опубликованная литература

20. К.Г.Бовин, В.А.Грабовников М.В., М.В.Шумилин, В.Г.Язиков. Прогноз, поиски, разведка и промышленная оценка месторождений урана для отработки подземным выщелачиванием. Алматы, 1997

21. Ахмедсафин у.м. Артезианские воды Чу-Сарысуйской впадины. Алматы, 1972.

22. А.И.Перельман. Гидрогенные месторождения урана. Москва, 1980.

23. Евсеева Л.С. и др. Геохимия урана в зоне гипергенеза. Москва, 1974.

24. Джакелов А.К. Формирование подземных вод Чу-Сарысуйского артезианского бассейна. Алматы, 1980.

25. Железнов Е.П. Определение послойной проницаемости водоносных горизонтов. Алматы, 1979.

26. Итенберг С.С. Интерпретация результатов геофизических исследований скважин. Москва, 1972.

27. Комаров С.Г. Каротаж по методу сопротивлений (Интерпретация). Москва, 1950.

28. Костенко Н.Н. Основные черты неотектонических движений в Казахстане. Изв. АН Каз. ССР, сер. геол. № 1. Алматы, 1979.

29. Материалы по геологии и полезным ископаемым Южного Казахстана. Алматы, 1971.

30. Перельман А.И. Геохимические барьеры и проблемы поисков новых месторождений. Геохимия и минералогия. Материалы по геологии урановых месторождений. Вып. 47. Москва, 1977.

31. Петров Н.Н., Язиков В.Г., Аубакиров Х.Б.и др. Урановые месторождения Казахстана (экзогенные), Алматы, 1995.

32. Петрова Л.С., Дара А.Д. Минералогическая зональность урановых месторождений пластово-инфильтрационного генезиса на примере месторождения Мынкудук. Материалы по геологии урановых месторождений. Вып. 69.-Москва, 1981.

33. Хайкович М.Н., Овсов М.К.. Некоторые радиологические закономерности на месторождениях гидрогенного типа и их использование при оценке параметров для подсчета запасов по гамма-каротажу. Материалы по геологии урановых месторождений. Вып.64. ВИМС. Москва, 1980.

34. Хасанов Э.Г. О применении каротажа мгновенных нейтронов деления (КНД-М) при извлечении урана способом подземного выщелачивания. Геология Казахстана. Алматы, 1998.

35. Шмариович Е.М., Натальченко Б.И., Бровин К.Г. Условия формирования комплексного пластово-инфильтрационного оруденения. Сов. Геология, № 8. Москва, 1988

Приложение А

Key mineralogical characteristics of the South Tortkuduk uranium roll-front deposits. Distribution of U and Ra in roll-front deposits.

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ81	Баранова Альбина Валерьевна		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Домаренко Виктор Алексеевич	К.Г.-М.Н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Диденко Анастасия Владимировна	к.ф.н.		

Key mineralogical characteristics of the South Tortkuduk uranium roll-front deposits. Distribution of U and Ra in roll-front deposits.

Introduction

Comprehensive assessment of Ra/U disequilibria is a key step towards the mastery of uranium resource estimation in roll-front deposits. Most of the current resource estimation strategies rely on estimations of orebody-scale average disequilibria to convert total gamma emissions into U contents. The approximate determination of average Ra/U ratios in rocks is however one of the most prominent causes of errors in U reserve estimation. Since complex Ra/U distributions may affect the quality of reserve estimates, the development of predictive models to locally adjust the mean disequilibrium to geological parameters would greatly enhance the accuracy of such estimations. However, the major processes responsible for the disruption of the radioactive equilibria and the U and Ra sinkholes in such complex natural systems remain poorly constrained.

Several scales of research are necessary to fully understand the processes, in particular in roll-front deposits: a) at the deposit scale, the U and Ra distributions within the main zones of the roll, i.e., the oxidized zone, the redox front, and the reduced zone, b) at the sample scale, sands mostly consist of quartz and feldspar grains, and most of the metal enrichments are concentrated onto organic matter fragments, pyrite or Fe-Ti oxides.

In the studied orebodies from Kazakhstan, the main hosts of U ores are unconsolidated sands, deposited during fluvial flooding events. These sands contain heavy minerals such as Fe-Ti oxides, as placer accumulations. Ilmenite is abundant in such facies, and when present its alteration products (pseudorutile, rutile, anatase) form the main nucleus for U and subsequently Ra trapping. At the sample scale, U distribution may be particularly complex, accompanying the formation of a series of pyrite types around altered ilmenite cores, with the same order of crystallization as in all the studied samples, over which U is deposited as P-coffinite, sometimes UO_2 spherulites. Such Fe-Ti clusters may be considered a favorable microsite for the

formation of uranium ores, although the roll-front affects the facies, which exhibit different amounts of these minerals. The presence of ilmenite is therefore a key factor in the nucleation of coffinite, but its distribution does not control the shape of the roll-fronts.

At the secular equilibrium, the Ra distribution must follow the U distribution. Roll-fronts are however dynamic natural systems, where the secular equilibrium is rarely approached for the whole decay chains. Moreover, ^{238}U and ^{226}Ra have contrasting chemical behavior and half-lives, both intrinsically and with respect to the timescales of nuclide migration during the developmental history of active roll-fronts. The measured Ra/U disequilibria are then likely to arise from the uptake or leaching of both U and Ra, with very different implications for the roll-front evolution. The Ra/U ratio thus provides a snapshot of the local disequilibrium state but is of limited interest for the understanding of the geological processes underway. ^{230}Th is in an intermediate position in the ^{238}U decay chain between ^{234}U and its daughter nuclide ^{226}Ra , with an intermediate half-life of $75,401 \pm 300$ yr. ^{230}Th is considered only slightly soluble and almost immobile in natural waters. Therefore, combined with its chemical behavior during weathering, it constitutes at best an inertial reference indicative of eventual past nuclide activities or equilibria. Pairs of $^{238}\text{U}/^{230}\text{Th}$ and $^{230}\text{Th}/^{226}\text{Ra}$ ratios are thus of special interest to identify the processes responsible for breaking the equilibrium of the ^{238}U decay chain. Uranium, radium and thorium are therefore good markers of the overall fractionation processes that affect the roll-front during its activity.

1 Geological background

This study was focused on an orebody representative of the South Tortkuduk uranium deposits, which belongs to the Muyunkum field, one of the world-class roll-front type deposits of the Southern Kazakhstan province (Fig. 1). The Muyunkum deposit is located in the Chu-Sarysu basin lying north of the NW-SE Karatau mountain range, which split the Syr-Darya basin after the Oligocene. The sedimentary infill of the Chu-Sarysu basin, up to 2000 m thick at its center, is

predominantly of continental origin with occasional shallow marine successions forming a number of clay barrier-bounded sandstone aquifers. Oxygenated groundwater fluxes, initiated by the Oligocene Tien Shan uplift, crossed the basin from the northern Kirgizian Range towards the NW and from the Aral Sea, imprinting the sediments with regional stacked epigenetic oxidation tongues (Fig. 2). Mainly consisting of pitchblende and coffinite, mineralization occurs at the oxidation fronts, forming sinuous accumulations tens of meters wide and over hundreds of kilometers in length.

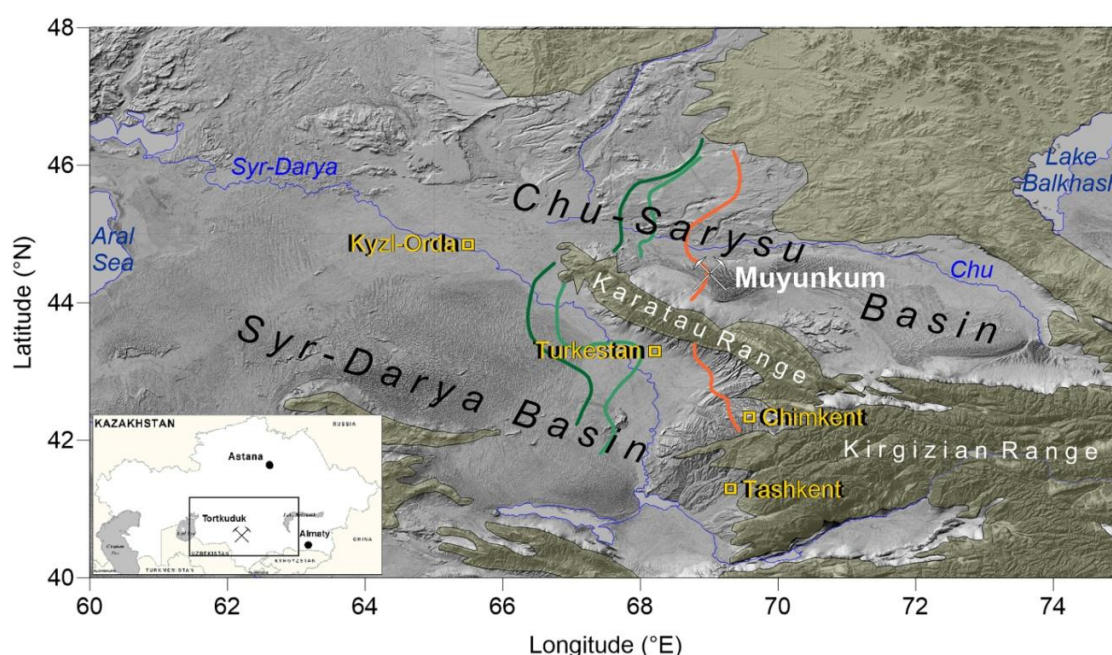


Figure 1- Maps localizing the Muyunkum uranium deposit in Kazakhstan (inset) and in the local geologic context. The black rectangle in the inset stands for the extent of the main map. The brownish overload on the main map corresponds to the Pre-Mesozoic basement. The green and orange lines correspond to the regional scale redox fronts in the Upper Cretaceous (dark green: middle; light green: upper) and Paleogene sands, respectively, as drawn in Jaireth et al. (2008).

The Muyunkum field, located in the southern Chu-Sarysu basin (Fig. 1), was discovered and explored in the late 1970s and has been mined by Katco JV LLP since 2004 using the in-situ recovery technique. The world class Tortkuduk uranium deposit is hosted in two Eocene-aged, continental medium- to fine-grained arenitic-arkosic sand formations with a low clay content (typically 6–7 wt%), the Uyuk

(lower) and Ikansk (upper) reservoirs. The isotopic ages obtained for the mineralization range up to the Late Miocene (2–20 Ma) and suggest a number of U remobilization episodes at the still currently active oxidation front.

2 Uranium mineralization

2.1 Mineralogy and petrography of Paleogene reservoirs

The whole range of facies which can be encountered around the orebodies can be summarized as follows. In relation with contained iron oxidation status, compact clays and silty argillite can be various colours: beige, greenish, greyish to black (reduced), reddish to reddish-brown, often multi-coloured (iron hydroxides). Silty clays are facies where fine ($< 63\mu\text{m}$) silicated granules (quartz, feldspars) are amalgamated in the clay matrix. Clay minerals are mainly smectite (beidellite) and in order of decreasing abundance kaolinite, interstratified kaolinite-smectite, illite and small quantities of chlorite. Quartzo-feldspathic and micaceous fractions become preponderant in clayey silts. Abundant micas commonly underline a very fine lamination. With an increasing granulometry, this facies evolves towards very finegrained sands between 63 and $125\mu\text{m}$; the proportion of clays in this facies is still significant.

Sands: According to their grain size, they are classified as fine-grained ($< 250\mu\text{m}$), medium-grained (250 – $500\mu\text{m}$), medium-coarse to coarse-grained or very coarse-grained ($> 1\text{mm}$). The matrix can be absent or clayey, quartzo-feldspathic or carbonated, partially filling porosity (residual porosity) or abundant (trending towards consolidated sandstones). Bedding is underlined by slight grain size variations or in some cases by thin and scarce heavy minerals layers (Fe-Ti oxides s.l., pyrite, marcasite, zircon, monazite, xenotime ...) and/or by red ferruginous layers (secondary alteration of iron sulphides or Ti-Fe oxides). For the medium to very coarse-grained sands, which make the heart of the mineralized reservoir, the following description can be applied. Main detrital minerals are sub-angular to angular quartz, K-feldspar (fresh microcline), more rarely altered plagioclase (albite), floated muscovite flakes and less abundant ferromagnesian phyllosilicates (altered

biotite, chlorite). Rounded lithic fragments and mud pebbles can be common; ligneous fragments of various sizes can be abundant, mainly at the base of paleo-channels. Massive carbonated sandstones are characterized by disseminated to sub massive carbonated cements, in epigenetic carbonated zones (mainly poikilitic calcite, rare dolomite). Organic matter-rich facies include black clays and lignite. Lignite appears as massive lenses or layers up to several centimetres thick, or as pluri-millimetric fragments, either disseminated, or concentrated in sedimentary layers.

2.2 Uranium mineralization types

Five main uranium mineralization types are identified (Figure 2), each of them is characterized by its own paragenesis and composition. Granules of Ca-P-rich coffinite-type minerals, associated to sulphides, are the main mineralization type for the investigated orebodies. Aggregates of very fine coffinitic granules ($< 1\mu\text{m}$) are related to clays and displayed around silicated detrital grains in the residual porosity; these aggregates appear very often associated to sulphide grains (framboidal pyrite or subhedral pyrite/marcasite), or as flakes which can constitute the cement of sands. SX100 microprobe analyses show a probably hydrated composition and at least two generations of coffinitic minerals. Coffinitic pseudo-cements correspond to densely aggregated coffinitic microgranules, but still characterized by a high heterogeneity at very small scale and probably a high porosity, favourable to acid fluid circulation; these pseudo-cements commonly include pyrite granules, sometimes in very important quantities, appearing themselves as cement of sands. Lignite mineralized fragments are commonly distributed over reduced thicknesses which correspond to sedimentary sequence bases, where fragments up to several centimetres in size can be observed; lignite debris can be also disseminated in sands, underlying laminations. Pyrite and coffinitic mineralization are commonly associated with these lignite fragments. Three main types of mineralized fragments are identified:

- Ligneous fragments, where pyrite and P-rich coffinitic minerals fill lignite cells alveole;

- Ligneous fragments replaced (epigenitization) by pyrite and/or P-rich coffinitic minerals;
- More rarely, preserved ligneous organic matters are observed, where uranium is not expressed as a mineral phase, but adsorbed.

The so-called « mineralized clays », although uncommon and non-economic, were described in different studies. Mineralization appears as microgranules associated to sulphides (pyrite), which constitute the heart of the mineralization. Uranium mineralization is expressed as Ca-P-rich coffinite-type mineral, commonly zoned (composition closer to pitchblende in the centre, evolving toward coffinite in the rims). Mineralisation is associated to altered ilmenite: ilmenite is relatively common as disseminations in sands or within heavy mineral layers, associated with sulphides. This association and ilmenite alteration induce the precipitation of uranium mineralization around Fe-Ti oxides and sulfides, but also within alteration zones of ilmenite. The most common type of mineralization appears as P-rich coffinitic microgranules, but also uranium carried by titanium alteration products (anatase).

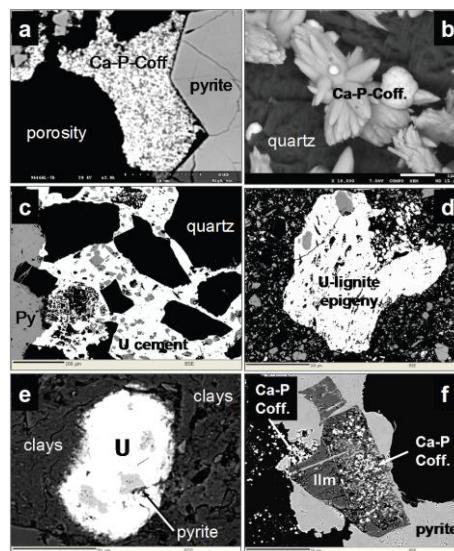


Figure 2 - Five main uranium mineralization types. a and b. Ca-P-rich coffinitic granules ; c. coffinitic pseudo-cements ; d. coffinitic epigeny of ligneous fragment ; e. coffinitic “spots” in clays ; f. microgranular Ca-P-rich coffinite inside ilmenite grains and around pyritic corona.

2.3 Geochemical types of phospho-coffinite

Six hundred sixty-eight quantitative microprobe analyses (SX100 microprobe, Nancy, France) were performed on various ore types from the different Tortkuduk orebodies. Taking into account the main chemical components of coffinite (U, Si) and Ca-P-rich coffinite (P, Ca), a classification is proposed in Figure 3. This diagram displays at least six types of uraniferous carriers in the Tortkuduk orebodies, from pitchblende-trend to coffinitic compositions, with intermediate mineral phases according to their CaO and/or P₂O₅ grades. The U-Th-Pb isotopic composition of several Tortkuduk mineralized samples were investigated, using the ionic microprobes (CAMECA IMS1270 and 1280, CRPG Lab. Nancy, France). The distribution of the most reliable ²⁰⁷Pb/²³⁵U age values by uranium ore types is presented in Figure 3. They mainly range from 2 to 20 My with an average at 8.7±0.3 My.

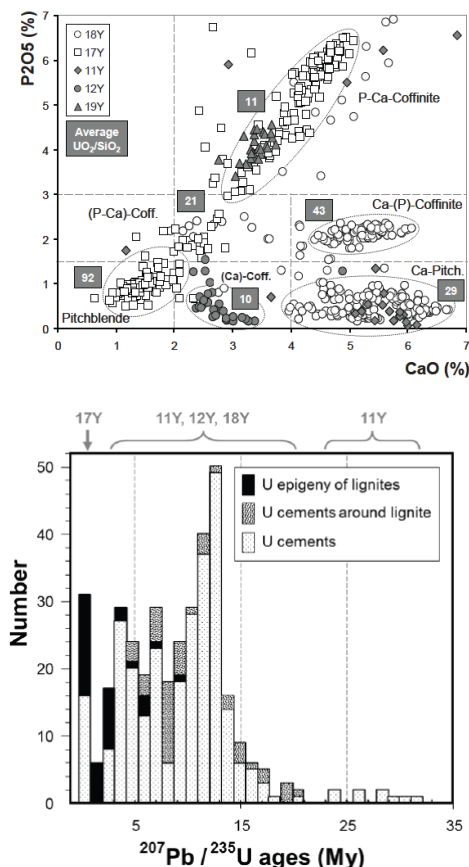


Figure 3 - (Top) Binary plot P₂O₅ vs CaO for microprobe spot analyses (668) on uraniferous phases (Brouand, 2014); (Low) ²⁰⁷Pb/²³⁵U ages distribution of uranium ores types analysed by ionic microprobes (367 analyses).

3 Penalizing elements and implications for ore deposits during ISR process

The “penalizing” character of clayey formations is mainly related to the thickness and lateral continuity of clay bodies, acting as impermeable screens; on the one hand, at semi-regional scale, they globally favor the hydrogeological confinement of fertile sandy reservoirs at the top (hanging wall Intymak clays) and bottom (footwall « Kyzilshi »/upper Kanjugan clays); on the other hand, at local scale, interbedded clayey levels or lenses can potentially represent impermeable screens for ore leaching. According to its crystallographic structure, smectite consumes large quantities of acid. Disseminated smectite content in ores must be then taken in account for acid consumption forecasts. Nevertheless, the property of smectite to trap H^+ ions is an advantage for natural remediation of aquifers after exploitation. Epigenetic carbonated cementations are known in all Palaeogene horizons; carbonatations are spatially limited, under nodular form or as poikilitic cements in sands. Lateral extension and geometry of carbonated bodies are difficult to define precisely, due to the asymmetry of the exploration drilling grids and vertical drilling. Massive carbonatations rarely exceed one meter thick, but diffuse/pervasive carbonatations can locally reach up to 12 to 15 m apparent thickness as a downstream aureole around the roll-front, in the reduced zone. These stratabound epigenetic carbonatations appear in both oxidized and reduced zones and sometimes overprint wings and/or front-type uranium mineralization. They appear to be controlled by high permeability host rocks and permeability contrasts (contacts between coarse grained sands and clays, as commonly observed at the base of the Uyk reservoir). Calcite – a highly reactive mineral vs acid solutions – is the main carbonate expression, other less reactive minerals (ankerite, siderite, dolomite) are rare. A succession of epigenetic calcite generations has been evidenced, the last generation of poikilitic calcite being interpreted as related to a fissuring event. The marine influence of sedimentary carbonates appears only at the base of the Intymak 1 horizon, where a thin (some decimeters thick) stratiform carbonate level represents a true stratigraphic marker level due to its wide lateral continuity. Particularly in roll-front deposits, U/eRa disequilibrium distribution is a key factor for uranium resource estimation and

further deposit exploitation. The combination of radiometric measurements and crystallo-chemical studies of carrier minerals led to the following observations on disequilibrium origin:

- Mineralized samples are impoverished in Ra compared to equilibrium, while $Ra/U > 1$ ratios are characteristic for low-grade ores which surround the mineralized front;
- Clays only cannot explain the disequilibrium distribution in the orebody; a contrario, the $Ra/U > 1$ disequilibrium is spread in all granulometric fractions of sands, and mainly in the paramagnetic fraction;
- During alteration, ilmenite and its alteration products are enriched in trace elements including U (up to 15 wt.% UO_2) and Ba (chemically close to Ra, up to 0.5 wt.%). Additional in situ isotopic analyses highlighted that Ra is incorporated in mineral phases located at the periphery of alteration products of ilmenite; these alteration phases are characterized by very high Ra/U ratios (20 to 40), including in highly mineralized samples; coffinitic minerals associated to ilmenite alteration products are inversely impoverished in Ra compared to equilibrium. The interpretation is that the disequilibrium signature of low grade mineralized samples is dominated by the high disequilibrium carried by altered ilmenite; this signal is diluted by the coffinite signature when U grade increases. It is thus suggested that - at sample scale - the equilibrium status is driven by the relative abundance of both mineral species.

Conclusion

Petrography of host rocks evidence clayey to sandy formations with relatively simple, arenitic to arkosic compositions.

Dominant mineralization is composed of fine granules of Ca-P-rich coffinitic mineral phase, which can agglomerate to constitute “pseudo-cements” of variable geochemical composition in U, Si, P and Ca. A sometimes very rich mineralization, close to pitchblende composition, is less abundant. Other mineralization types include lignite, epigenitized in pyrite and coffinitic minerals, altered uranium-bearing

ilmenite, and also pyrite granules rimmed by coffinitic phases in clays. A systematic association between sulphides, organic matter and uranium mineralization is noticed. Ilmenite-type nuclei support deposition of several pyrite generations under distinct habitus as well as marcasite.

Uranium deposition systematically postdates the sulphides and Fe-Ti oxides. U-Pb isotopic dating of ores range mostly between 2 and 20 My, reflecting various remobilization events related to the continuous and still currently active roll front evolution. Mineralization dating is globally synchronous with the Tien Shan orogen (folding and thrusting towards North) which affects the Chu Saryssu basin, located in foreland position, from Miocene to recent. Corresponding deformations are supposed to have triggered circulation of oxidizing fluids in the basin.

Potentially penalizing minerals for uranium recovery are mainly smectite, acting as impermeable screens when interstratified as levels or lenses, but also as acid consumers when disseminated in the ore matrix. Carbonates can also locally constitute local impermeable screens or also significantly increase acid consumption when disseminated. Ra/U disequilibrium origin and its local distribution is a key point for resource estimation and further exploitation. Main disequilibrium issues occur at the borders of the sandy reservoir (sand/clays contacts) and downstream of the roll front. The main radium carrier minerals currently identified are the ilmenite alteration products.

The in-situ alteration of detritic Fe-Ti oxides during the downstream progression of the roll-front lead to the incorporation of a number of trace elements, especially the heaviest elements of the alkaline earth group. This has fundamental consequences on the radioactive decay chains of U and their state with respect to the secular equilibrium. It additionally provides considerable insight into the geological processes underway during roll-front progression and evolution.

A general concept of the depletion/enrichment of Ra vs. U follows this model:

- 1) in the oxidized upstream portion of the orebody, the U depletion produces an Ra-favorable disequilibrium,

2) U is transported towards the mineralized front and precipitates together with Ra in uraninite with a U-favorable disequilibrium,

3) a further dissolution of the uraninite already deposited occurs as a function of the roll-front progression, leading to a remobilization of U and Ra,

4) the redox provokes the immobilization of the U at the roll-front,

5) downstream, the Ra which is insensitive to redox is taken up by the altered Fe-Ti oxides in the nose and limbs of the roll-front, forming an Ra-favorable radioactive disequilibrium aureole or halo.

This overall distribution is important to consider in any reserve estimation, with strong implications for exploration, mining operations, and post-operation remediation.

Literature:

1. T. Boulesteix, M. Cathelineau, E. Deloule, M. Brouand, H. Toubon, P. Lachd, N. Fiet. Ilmenites and their alteration products, sinkholes for uranium and radium in roll-front deposits after the example of South Tortkuduk (Kazakhstan) // Journal of Geochemical Exploration.-2019. -pp.1781-1784.
2. R. Mathieu, Y. Deschamps, V. Selezneva, A. Pouradier, M. Brouand, E. Deloule, T. Boulesteix. Key Mineralogical Characteristics of the New South Tortkuduk Uranium Roll-Front Deposits, Kazakhstan //Mineral resources in a sustainable world.- 2015.-pp.1835-1838.
3. D.V. Alexeiev, H.E. Cook, V.M. Buvtyshkin, L.Y. Golub. Structural evolution of the Ural-Tian Shan junction: a view from Karatau Ridge, South Kazakhstan // Compt. Rendus Geosci.- 2009.- pp. 287-297.
4. L.L. Ames, J.E. McGarrah, B.A. Walker, P.F. Salter. Uranium and Radium sorption on amorphous ferric oxyhydroxide // Chem. Geol.-1983.- pp.135-148.
5. B. Hebert, D. Beaufort, R. Roy, A. Pouradier, R. Jikibayev. New methods to quantify clay minerals in the uranium deposits hosted in sands of the Chu Sarysu Basin (South Kazakhstan) based on visible and near-infrared field spectrometry // Mineral Resources in a Sustainable World.-2015.- pp. 587-589.